



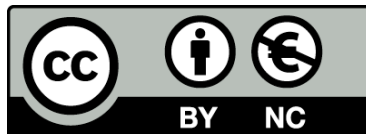
UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Montañas y Medidas

**Francisco José de Caldas (1768-1816):
El descubrimiento del principio termométrico
de la hipsometría y el tránsito hacia
el sistema métrico decimal**

**Interpretaciones y perspectivas sobre ciencia neogranadina
en los siglos XVIII y XIX**

Mauricio Rojas Bernal



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License.**



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Doctorado en Historia de la Ciencia

Montañas y Medidas

Francisco José de Caldas (1768-1816):

**El descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría y el
tránsito hacia el sistema métrico decimal.**

**Interpretaciones y perspectivas sobre ciencia neogranadina en los siglos
XVIII y XIX.**

Mauricio Rojas Bernal

Directores:

Doctor Carles Dorce Polo.

Doctor Josep Casulleras.

Tutor:

Doctor Miquel Forcada.

Con Amor, para María Isabel y Natalia Sofía.
Por tantos dones inmerecidos...

Índice.

Resumen	6
Agradecimientos.	7
Introducción.	8

Primera Parte. Francisco José de Caldas y su tiempo.

Capítulo 1. El joven Francisco José de Caldas y Tenorio.	23
1.1 - El Virreinato del Nuevo Reino de Granada y la Provincia de Popayán.	23
1.2 - Nacimiento e infancia de un criollo ilustre.	31
1.3 - Las primeras letras y el despertar de la atracción por la ciencia.	35
1.4 - El primer maestro: José Félix de Restrepo.	39
Capítulo 2. Estudiante en Santafé.	45
2.1 - La vida intelectual en el Nuevo Reino de Granada para finales del siglo XVIII.	45
2.2 - Estudiante en Santafé.	50
Capítulo 3. Caldas y el pensamiento ilustrado. La Ilustración en el Nuevo Reino de Granada.	55
3.1 - El pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada.	58
3.2 - José Celestino Mutis: pionero del espíritu científico en el Nuevo Reino de Granada.	59
3.3 - La confrontación entre pensamiento ilustrado y dogmatismo religioso.	63
3.4 - La reforma del sistema educativo.	69
3.5 - La Imprenta y la Prensa en el Nuevo Reino de Granada.	74
3.6 - Bibliotecas privadas y públicas.	79
3.7 - Tertulias y cofradías.	81
3.8 - La Ilustración en el Nuevo Reino de Granada. Interpretaciones y perspectivas.	83

Segunda Parte. El descubrimiento autodidacta y en solitario del principio termométrico de la Hipsometría.

Capítulo 4. Caldas autodidacta: de cómo se hace un científico en el Nuevo Reino de Granada a finales del siglo XVIII.	87
--	-----------

4.1 - Algunos trabajos administrativos y ciertos quebrantos de salud.	88
4.2 - Travesías y vivencias a lomo de mula.	91
4.3 - Tras los pasos de los grandes naturalistas.	103
4.4 - Caldas autodidacta.	111
Capítulo 5. El descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría.	124
5.1 - El descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría.	129
5.2 - La génesis y el desarrollo del descubrimiento analizados desde de la correspondencia de Caldas.	143
Capítulo 6. Los años posteriores al descubrimiento: 1801-1816. La consagración de Caldas como hombre de ciencia.	152
6.1 - Residencia en Quito I. Francisco José de Caldas y Alexander von Humboldt. 1802.	157
6.2 - Residencia en Quito II. Francisco José de Caldas y José Celestino Mutis: la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada y el descubrimiento de la Fitogeografía. 1801-1805.	171
6.3 - Regreso a Santafé I. El Real Observatorio Astronómico de San Carlos. 1805-1810.	183
6.4 - Regreso a Santafé II. Caldas como autor ilustrado y divulgador científico: el <i>Semanario del Nuevo Reyno de Granada</i> . 1808-1810.	190
6.5 - Matrimonio y vida familiar. 1810.	194
6.6 - Los años finales. 1810-1816.	198

Tercera Parte.

Descripción matemática del principio termométrico de la hipsometría.

Planteamiento y desarrollo.

Capítulo 7. Los cuatro escritos de Francisco José de Caldas sobre hipsometría.	209
7.1 - " <i>Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe.</i> " (1801).	211
7.2 - " <i>Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica.</i> " (1802).	217
7.3 - " <i>Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá</i> " (1809).	227
7.4 - " <i>Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.</i> " (Texto escrito en 1802 y publicado póstumamente en 1819).	236

Capítulo 8. El planteamiento matemático del principio termométrico de la hipsometría y su desarrollo.	244
8.1 - La búsqueda de la fórmula para la nivelación barométrica con base en la relación entre presión atmosférica y altitud durante los siglos XVII y XVIII: de Torricelli a Laplace.	248
8.2 - El principio termométrico de la hipsometría concebido y matematizado por Caldas.	253
8.3 - El principio termométrico de la hipsometría en el contexto de la ciencia europea.	263

Cuarta Parte.

El tránsito hacia el sistema métrico decimal en los trabajos hipsométricos de Caldas. Interpretaciones y perspectivas.

Capítulo 9. El espíritu cuantitativo de la ciencia moderna.	271
9.1 - La ciencia moderna en busca de la exactitud: el énfasis en la precisión, la medida y la cuantificación.	271
9.2 - La invención e implementación del sistema métrico decimal.	280
9.3 - Caldas y el sistema métrico decimal.	286
9.4 - Perspectivas de análisis.	291
Capítulo 10. El trasfondo filosófico y epistemológico subyacente a la invención y uso del sistema métrico decimal. Medir, cuantificar y matematizar.	293
Capítulo 11. Perspectivas matemáticas y científicas. La cuantificación multidimensional y la búsqueda de exactitud.	304
Capítulo 12. Implicaciones técnicas e instrumentales del paso al sistema métrico decimal en las investigaciones hipsométricas de Francisco José de Caldas.	312
Capítulo 13 - Repercusiones sociales y políticas de la implementación del sistema métrico decimal en el contexto republicano.	324
Conclusiones.	348
Cronología.	355
Bibliografía.	363

Resumen

El presente trabajo se ocupa de analizar dos aspectos concretos dentro de la obra científica del científico neogranadino Francisco José de Caldas (1768-1816):

En primer lugar, esta investigación explora la génesis, el desarrollo y la consolidación matemática del descubrimiento - en solitario y de manera autodidacta - del principio termométrico de la hipsometría hecho por Caldas en 1801 que establece que, puesto que el punto termométrico de ebullición del agua en un lugar varía en función de la altitud sobre el nivel del mar de ese mismo sitio, es posible determinar la altitud de cualquier punto sobre la superficie terrestre registrando la temperatura del agua hirviendo. Para Caldas, la implicación más importante de este hallazgo es el hecho de que para calcular alturas no es necesario utilizar el tradicional y complejo barómetro de mercurio (cuyo uso resultaba imprescindible para conocer presiones atmosféricas y altitudes a comienzos del siglo XIX) sino que es suficiente con utilizar un termómetro que cuente con una escala que relacione valores termométricos con mediciones altimétricas y así, conociendo el punto de ebullición del agua, es posible determinar la altura sobre el nivel del mar de un punto geográfico determinado. A este termómetro equipado con dos escalas simultáneas e interrelacionadas (una termométrica y otra altimétrica) se le conoce con el nombre de *Hipsómetro* y, en justicia, Caldas (al igual que el científico polaco Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), el físico británico William Hyde Wollaston (1776-1828) y el científico francés Henri Victor Regnault (1810-1878)) debe ser reconocido como el inventor de un modelo funcional de hipsómetro y como uno de los descubridores del principio termométrico de la hipsometría.

En segundo término, esta investigación se ocupa de explorar cuatro perspectivas de interpretación sobre el tránsito metrológico que Caldas realizó al ser el primer científico en utilizar, en 1809, el sistema métrico decimal en la historia del Nuevo Reino de Granada dentro de sus trabajos hipsométricos. Así, este trabajo plantea esta temática inédita dentro de la bibliografía sobre Caldas y propone cuatro caminos de interpretación: primero, sugerimos que el tránsito metrológico realizado por Caldas al asumir el sistema métrico decimal implica un cambio de perspectiva a nivel filosófico y científico pues el nuevo sistema se inspiraba y encarnaba el espíritu de la cuantificación, la medida y la precisión característico de la ciencia ilustrada del siglo XVIII; segundo, consideramos que el adoptar un nuevo sistema de medición implicó para Caldas asumir una nueva perspectiva de cuantificación, racionalización y matematización de la naturaleza pues el sistema métrico, al articular medidas de longitud, superficie, volumen, peso y temperatura, permitía una lectura multidimensional de los fenómenos naturales que resultaba idónea para campos como la hipsometría en los que, justamente, se combinaban mediciones de temperatura con cálculos de altitud; tercero, sugerimos que el tránsito hacia el sistema métrico implicó también la adopción de un sistema metrológico en el que, por primera vez en la historia, el lenguaje de la cuantificación y la medida asumió un patrón común que permitió la creación y la estandarización de un lenguaje científico universal; por último, la adopción del sistema métrico por parte de Caldas tuvo una implicación política y social muy importante pues, dentro del agitado contexto de comienzos del siglo XIX en el que se estaba tratando de consolidar el nuevo orden republicano de la ahora nación independiente, la nueva metrología se vio como un elemento político muy importante de identidad y cohesión nacionales.

Así, esta investigación aborda los dos tópicos antedichos con la intención de explorar y dar a conocer la obra científica de Francisco José de Caldas desde temáticas y contextos inéditos dentro de la bibliografía existente.

Agradecimientos.

Quiero expresar mi agradecimiento a varias personas que fueron un apoyo y una guía en el transcurso de esta investigación:

Al profesor Mauricio Nieto quien generosamente compartió su tiempo y conocimiento dándome valiosas referencias y perspectivas.

Al profesor Carlos Augusto Hernández por su ejemplo y amistad.

Al profesor Luis Carlos Arboleda por su apoyo en la delimitación del tema de investigación y por facilitarme valiosas referencias que resultaron muy útiles.

Al profesor Darío Valencia por su amabilidad y cordialidad al sugerirme lecturas muy pertinentes.

Y, en Barcelona, a los profesores Carles Dorce, Josep Casulleras y Miquel Forcada por el apoyo y acompañamiento.

A todos ellos mi agradecimiento, con aprecio y admiración.

Introducción.

Abordar la vida y obra de Francisco José de Caldas y Tenorio (1768-1816) desde la perspectiva de la historia de la ciencia significa entrar en un campo de estudio amplio y fascinante pues, si bien su figura ha sido estudiada desde el siglo XIX, su obra científica se ha transformado en un tópico especialmente rico y fructífero en la medida en que se le puede considerar como el primer científico criollo que dio inicio a la tradición científica autóctona en el Virreinato del Nuevo Reino de Granada a comienzos del siglo XIX.¹

Dentro de este contexto, el objetivo explícito de esta investigación es el de abordar dos temáticas muy concretas dentro de la obra de Caldas:

El primero de estos temas es el descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría al cual Caldas llegó de manera solitaria y autodidacta en el año de 1801. Si bien este hallazgo es un punto recurrente en los trabajos sobre la vida y obra de Caldas, sorprende que hasta ahora no se le haya dedicado un estudio extenso, específico y pormenorizado (más allá de algunos artículos especializados) y, así, esta investigación pretende ofrecer un estudio exhaustivo del proceso intelectual, instrumental y matemático que llevó a Caldas a su hallazgo de que el punto termométrico de ebullición del agua varía en función de la presión atmosférica y, puesto que ésta última cambia en función de la altitud sobre el nivel del mar, es posible entonces conocer la altitud de un lugar determinado a partir de medir la temperatura del agua en ebullición en ese mismo lugar. Este hallazgo realizado por Caldas (sin haber tenido nunca una formación académica formal en ciencias y sin contar ni con instrumentos sofisticados ni con libros que trataran específicamente sobre temas físicos y meteorológicos) es un bello y cautivante ejemplo de descubrimiento científico que ilustra también, de manera contundente, la manera como la ciencia se ha construido y ha avanzado a lo largo de la historia a través de vericuetos fascinantes, de errores geniales y de hallazgos que no recibieron en su momento el debido reconocimiento o que, como en este caso, quedaron relegados al olvido y que apenas ahora están siendo apreciados y revalorados desde una perspectiva actual.

El segundo tema, inédito en la bibliografía sobre Caldas, es el evaluar la manera como el científico neogranadino, dentro de sus investigaciones hipsométricas, utilizó por primera vez el sistema métrico decimal convirtiéndose con ello en el pionero de la introducción del nuevo sistema metrológico en el contexto colonial del Nuevo Reino de Granada. Consideramos que este tránsito epistemológico, técnico y matemático, que Caldas realizó al utilizar por primera vez el sistema

¹ Como se verá a lo largo de la investigación, la tradición científica neogranadina comienza con la figura del naturalista, médico y botánico español **José Celestino Mutis** (1732-1808) quien fue el primer académico en empezar a practicar y a divulgar los principios de la física newtoniana y de la ciencia ilustrada en el Nuevo Reino de Granada y se convirtió en el impulsor y director de la primera gran empresa científica que se dio en la época colonial: la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada que tuvo lugar entre 1763 y 1808. Sin embargo, Mutis llegó al reino en 1760 (cuando contaba veintiocho años) y toda su formación tuvo lugar en el ámbito académico de la España ilustrada de mediados del siglo XVIII; de esta manera, corresponde a Francisco José de Caldas - aprendiz de Mutis - el título de primer científico criollo neogranadino iniciador de una tradición científica autóctona en el entorno colonial del Nuevo Reino de Granada a principios del siglo XIX.

métrico decimal constituye un punto de inflexión ideológico e instrumental importante que no ha sido estudiado hasta ahora y que, proponemos, puede analizarse desde cuatro perspectivas de interpretación: la primera de ellas es el trasfondo filosófico y epistemológico que subyace al cambio metrológico realizado por Caldas; la segunda, se ocupa de las implicaciones científicas y matemáticas aparejadas al cambio de sistema de medición de referencia; la tercera, explora las consecuencias técnicas e instrumentales ligadas al hecho de asumir una nueva forma de medir y cuantificar los fenómenos naturales y, la cuarta, indaga sobre las profundas implicaciones políticas y sociales que tuvo la implementación del sistema métrico decimal como nuevo sistema de pesos y medidas en el naciente orden republicano.

Así, es importante que el lector tenga en cuenta estas dos directrices temáticas que definen la presente investigación y hacen que el trabajo, de manera muy clara, esté dirigido a explorar y profundizar sobre esos dos tópicos concretos: en primer lugar, el descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría por parte de Caldas y, en segundo término, el tránsito epistemológico y cuantitativo que el científico neogranadino realizó en sus investigaciones hipsométricas al utilizar por primera vez el sistema métrico decimal como modelo metrológico en la historia del Nuevo Reino de Granada.

En sintonía con los dos temas señalados, es importante mencionar el hecho de que siendo esta una investigación doctoral en el campo de historia de la ciencia, hay varios tópicos que, desde el planteamiento mismo del trabajo, nos parecía importante abordar:

Por una parte, la tesis busca explorar un tema físico y matemático puntual que floreció dentro del proceso cultural e ideológico de implementación y consolidación de la ciencia moderna newtoniana en el ámbito colonial del Virreinato del Nuevo Reino de Granada en la segunda mitad del siglo XVIII y se parte del propósito de que este abordaje sea no sólo teórico sino también estrictamente matemático y, por tal motivo, no se esquivará el análisis detallado de las ecuaciones del caso (como suele ser frecuente en trabajos divulgativos que se ocupan de historia de la ciencia, de las matemáticas y de sus protagonistas pero, por no desmotivar a lectores no adiestrados en disciplinas científicas, temen incluir y analizar en detalle fórmulas y expresiones matemáticas).

Sin embargo, este trabajo, dado su carácter de tesis doctoral, pretende ser mucho más que una simple exposición técnica de un descubrimiento físico y de su conceptualización matemática y, por tal motivo, también busca plantear una reflexión histórica y filosófica en relación a lo que pudo ser la práctica científica en el contexto ideológico y cultural del ámbito colonial neogranadino a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX.

De esta manera, el lector - aparte de las secciones que se ocupan de la contextualización histórica y cultural y del recuento biográfico - encontrará un claro contraste en el tratamiento de los dos temas señalados: los capítulos dedicados al tópico de la hipsometría presentarán una exposición pormenorizada de todos los escritos de Caldas que se ocupan de su descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría y se hará énfasis en la descripción técnica y matemática del proceso conceptual y reflexivo que siguió el científico neogranadino desde sus primeras intuiciones físicas hasta el planteamiento matemático final del descubrimiento realizado.

En contraste, la parte dedicada a explorar el tránsito epistemológico y metrológico hacia el sistema métrico decimal busca, más que hacer un análisis técnico o matemático, plantear cuatro perspectivas de análisis que apuntan a reflexiones históricas, filosóficas e historiográficas que pretenden interpretar e iluminar la labor científica de Caldas puesto que, como se verá en detalle, su figura y su obra fueron un gran referente ideológico dentro del complejo entramado del nuevo orden republicano una vez se logró la independencia de la Corona Española en 1810.

Así, es importante que el lector de este trabajo (sin importar su mucho o poco conocimiento previo de la figura de Caldas, de su momento histórico y de su contexto ideológico) comprenda desde un comienzo la estructura general de esta investigación que se escinde en tres esferas claramente delimitadas: una parte dedicada a presentar al personaje dentro de su complejo contexto histórico y cultural (Primera Parte); una segunda instancia que se ocupa de la descripción y análisis de todos los documentos y fuentes primarias ligadas al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría en la que se hará énfasis en la exposición sistemática del proceso científico (a nivel físico y matemático) que condujo a Caldas a su descubrimiento (Segunda y Tercera Parte) y, por último, una última sección (Cuarta Parte), más discursiva y reflexiva, en la que se expondrá el tránsito metrológico y conceptual realizado por el científico neogranadino en el momento de utilizar el sistema métrico decimal por primera vez en la historia científica del Nuevo Reino de Granada a comienzos del siglo XIX y en la que se explorarán cuatro perspectivas de análisis que consideramos pueden ayudar a comprender las contundentes implicaciones científicas, ideológicas, sociales y políticas que tuvo este tránsito metrológico dentro del naciente orden republicano.

Por último, como objetivo secundario, esta investigación, al haberse realizado dentro de un programa doctoral de una universidad europea, también tiene la intención de presentar la figura de Francisco José de Caldas dentro de un ámbito académico internacional en donde poco o nada se conocerá sobre su vida y obra pero en donde, con seguridad, resultará un referente valioso y significativo para todos aquellos estudiosos interesados en explorar la expansión de la ciencia moderna en los territorios coloniales de ultramar durante el siglo XVIII y sus ramificaciones ideológicas dentro del contexto de la América independiente y republicana de comienzos y mediados del siglo XIX. Sea entonces este trabajo una cordial invitación para conocer sobre la vida y obra de un talentoso científico neogranadino que, por la coyuntura histórica e ideológica que le correspondió vivir, jamás logró integrarse a la comunidad científica transcontinental y fue dejado de lado en el recuento oficial de los anales de la ciencia pero cuyos meritorios trabajos bien merecen un lugar y un reconocimiento en el gran libro de la historia de la ciencia moderna.

Balance historiográfico.

Puesto que el trabajo de los historiadores de la ciencia es forzosamente acumulativo, es evidente que esta investigación parte del diálogo con los trabajos ya existentes sobre la figura y obra de Caldas y, en ese sentido, es importante hacer algunas observaciones a manera de estado del arte y con el objetivo de tomar perspectiva en relación al estado actual de las investigaciones sobre el tema:

Puesto que Caldas participó activamente de la lucha por la independencia del dominio español que tuvo lugar entre 1810 y 1819 y su vinculación a ese proceso lo llevó a la muerte en 1816 tras ser juzgado, condenado y fusilado como reo de alta traición a la Corona Española, su figura se convirtió en un símbolo nacional legendario de sabiduría y martirio y eso dio lugar, historiográficamente, a un primer capítulo de exaltación heroica en el que se le vio como un mártir de las ciencias y como un héroe de la libertad. Esta idealización romántica colocó la figura de Caldas en el pedestal fundacional del nuevo orden republicano y tendió más a convertirlo en un personaje inmaculado de leyenda que en comprender su vida y obra desde la realidad histórica e ideológica de su contexto; así, a lo largo del siglo XIX y durante la primera mitad del XX, su nombre sirvió para bautizar plazas y calles, academias militares, colegios, universidades, instituciones diversas, regiones y pueblos y su figura fue inspiración para estatuas, estampillas y billetes y, académicamente, se escribieron trabajos que, indefectiblemente, buscaban hacer una exaltación de su figura. En esta coyuntura se pueden ubicar algunos escritos tales como la primera biografía que se escribió de Caldas en 1852 de autoría de su discípulo Lino de Pombo² que, no obstante su valor como fuente primaria documental y los magníficos datos de primera mano que ofrece, tiene una clara intención laudatoria de Caldas en cuanto "*mártir de la Independencia nacional*". En otras crónicas escritas en la segunda mitad del siglo XIX, como la *Historia eclesiástica y civil de Nueva Granada* de autoría de José Manuel Groot,³ las *Crónicas de Bogotá* de Pedro Ibáñez⁴ y las *Reminiscencias de Santafé y Bogotá* de José María Cordovez Moure,⁵ Caldas es retratado de manera heroica exaltando su martirio; en este período, y como texto más académico, cabría mencionar la biografía escrita - en 1886 y originalmente en alemán - por el diplomático alemán Hermann Schumacher.⁶ Ya en el siglo XX, en esta misma línea de exaltación, aparecieron otros trabajos como la biografía de autoría de Jaime Paredes en la cual también se hace un panegírico permanente de Caldas adornado con visos románticos y literarios.⁷

En paralelo a esta primera etapa historiográfica, se dio la publicación, en 1912, de la primera edición de las *Obras de Caldas* en la que se halla la suma total de sus escritos científicos (y también los relativos a otros temas diversos); el proemio de esta edición comienza con una frase laudatoria que da buena cuenta del enfoque romántico y nacionalista que caracterizó esta primera etapa historiográfica sobre la figura y obra de Caldas: "*Venerada por todo colombiano es la memoria de Caldas. Y a en la escuela nos es*

² POMBO, Lino de. *Memoria histórica sobre la vida, carácter, trabajos científicos y literarios, y servicios patrióticos de Francisco José de Caldas*. Esta memoria biográfica constituye, cronológicamente, la primera fuente de datos biográficos sobre Francisco José de Caldas y fue publicada originalmente en el semanario bogotano *La Siesta* el 10 de octubre de 1852 y fue reeditada en el *Suplemento de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales* (bajo el título de *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*). Librería Voluntad. Bogotá. 1958.

³ GROOT, José Manuel. *Historia eclesiástica y civil de Nueva Granada*. 3 volúmenes. Imprenta a cargo de Foción Mantilla. Bogotá. 1869.

⁴ IBÁÑEZ, Pedro María. *Crónicas de Bogotá*. Imprenta de la Luz. Bogotá. 1891.

⁵ CORDOVEZ MOURE, José María. *Reminiscencias de Santafé y Bogotá*. Imprenta de 'El Telegrama'. Bogotá. 1893.

⁶ SCHUMACHER, Hermann. *Caldas. Un forjador de la cultura*. 1986. Imprenta patriótica del Instituto Caro y Cuervo. Bogotá. 1986.

⁷ PAREDES, Jaime. *Caldas*. Ediciones Librería Siglo XX. Bogotá. 1946.

familiar su nombre, y su figura la vemos, desde niños, resplandecer en el olimpo de nuestra historia con la doble diadema de la ciencia y del martirio.”.⁸

Tras esta primera etapa historiográfica - muy ligada a una exaltación del espíritu republicano y de los imaginarios del nacionalismo (que actualmente nos parece anticuada y poco objetiva) - se siguieron la siguiente edición de las *Obras completas* de Caldas (publicadas en 1966) -,⁹ la publicación de su correspondencia personal en 1978¹⁰ y, desde una perspectiva mucho más académica y contextualizada, las que son, hasta ahora, las dos biografías más completas que se han escrito sobre él; en estos trabajos se ofrece un panorama completo, contextualizado y muy equilibrado de su vida y de sus aportes científicos con la ventaja adicional de que ambas biografías fueron escritas por académicos que tenían formación humanística y científica: la primera es la biografía titulada *Francisco José de Caldas. El hombre y el sabio*. escrita por el ingeniero e historiador Alfredo Bateman¹¹ y publicada en 1954 y, la segunda, titulada *Nueva aproximación a Francisco José de Caldas. Episodios de su vida y de su actividad científica*. publicada en 1997 y de autoría del eminente botánico e historiador Santiago Díaz Piedrahíta.¹²

Como otros referentes importantes¹³ se puede mencionar la publicación, en los últimos veinte años, de otros trabajos relevantes en relación a Caldas y su contexto que han abierto nuevas perspectivas de análisis e interpretación que hacen de la figura y obra del científico neogranadino un tópico de estudio muy vigente y relevante dentro del panorama de la historia de la ciencia en el contexto del Nuevo Reino de Granada durante los siglos XVIII y XIX: entre 1993 y 1996 fue publicada una extensa *Historia Social de la Ciencia en Colombia*¹⁴ que aborda con profusión (Tomo II) el tema de la difusión de la ciencia moderna newtoniana en el contexto colonial neogranadino; también es relevante, en relación al contexto ideológico en el que floreció el pensamiento ilustrado y científico neogranadino, el trabajo del profesor Renán Silva titulado *Los ilustrados de Nueva Granada 1760-1808. Genealogía de*

⁸ CALDAS, Francisco José de. *Obras de Caldas*. Recopiladas y publicadas por Eduardo Posada. Biblioteca de Historia Nacional. Volumen IX. Imprenta Nacional. Bogotá. 1912. p.V.

⁹ CALDAS, Francisco José. *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. 1966.

¹⁰ CALDAS, Francisco José. *Cartas de Caldas*. Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá. 1978. Hace poco se publicó una nueva edición de la correspondencia completa de Caldas con la adición de dieciséis cartas hasta ahora inéditas: CALDAS, Francisco José de. *Cartas de Caldas ilustradas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 2016.

¹¹ BATEMAN, Alfredo. *Francisco José de Caldas. El hombre y el sabio*. Imprenta Oficial del Departamento de Caldas. Manizales. 1954. Biografía reeditada posteriormente bajo el mismo título en Editorial Planeta. Bogotá. 1998.

¹² DÍAZ, Santiago. *Nueva aproximación a Francisco José de Caldas. Episodios de su vida y de su actividad científica*. Biblioteca de Historia Nacional. Volumen CXLIX. Academia Colombia de Historia. Bogotá. 1997. Reeditada recientemente como: DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Panamericana Editorial. Bogotá. 2012.

¹³ Nos abstenemos de comentar en detalle varios trabajos divulgativos que resultan pertinentes como una primera aproximación general a la figura de Caldas; entre ellos, pueden mencionarse: POHL, Stefan. *¡Soy Caldas!* Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá. 2009. CHENU, Jeanne [Editora]. *Francisco José de Caldas. Peregrino de las ciencias*. Crónicas de América 72. Historia 16. Madrid. 1992. Y algunas aproximaciones literarias como: JARAMILLO, Samuel. *Diario de la luz y las tinieblas. Francisco Joseph de Caldas*. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2010.

NIÑO, Jairo. *El inventor de lunas*. COLCIENCIAS. Bogotá. 1995.

¹⁴ VASCO, Carlos. OBREGÓN, Diana. OROZCO, Luis. [Coordinadores]. *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993. En especial el Tomo II: ARBOLEDA, Luis Carlos. ARIAS, Jorge. ESPINOSA, Armando. *Matemáticas, Astronomía y Geología*.

una comunidad de interpretación¹⁵ que ofrece una muy rica visión del contexto cultural en el cual transcurrió la vida de Caldas; a su vez, es importante mencionar el trabajo titulado *Francisco José de Caldas: a scientist at work in Nueva Granada* de autoría del profesor John Wilton, publicado en 1994, que marcó un hito importante en cuanto dio proyección internacional a la figura de Caldas y llamó la atención sobre él en el contexto de la academia anglosajona.

En los últimos años se han publicado varios trabajos relevantes sobre la figura y obra de Caldas escritos por profesores colombianos eminentes vinculados al entorno académico nacional pero también con importante presencia en medios académicos europeos y anglosajones que, hoy por hoy, representan la vanguardia de los estudios caldasianos y cuyas investigaciones siguen abriendo perspectivas de análisis muy interesantes y conectadas a los debates historiográficos actuales. Estos autores, que han hecho una labor ingente difundiendo e incentivando los estudios sobre historia de la ciencia en el contexto neogranadino de los siglos XVIII y XIX durante los períodos colonial y republicano son, con seguridad, los mayores conocedores de la obra de Francisco José de Caldas.

En primer término, ocupa un lugar relevante en el contexto académico nacional la obra y trabajos del profesor Mauricio Nieto quien ha adelantado una labor investigativa muy profunda sobre la figura de Caldas en sus facetas como geógrafo, botánico, autor científico, ideólogo del movimiento ilustrado criollo y periodista y sobre el contexto general del desarrollo del pensamiento científico en el contexto de la colonia y de la república en el lapso comprendido entre los siglos XVIII y XIX.¹⁶

En segundo término, son muy relevantes los trabajos del profesor Luis Carlos Arboleda, matemático y doctor en el campo de historia de la ciencia, quien es el mayor referente en relación al tema concreto de la hipsometría en Caldas y ha intervenido en la publicación de muchas investigaciones importantes sobre el desarrollo científico en el contexto neogranadino colonial y republicano.¹⁷

Y, por último, actualmente están en desarrollo las importantes investigaciones de los profesores Darío Valencia y Alberto Gómez concentradas en el tema del descubrimiento simultáneo de la Fitogeografía

¹⁵ SILVA, Renán. *Los ilustrados de Nueva Granada 1760-1808. Genealogía de una comunidad de interpretación*. Fondo Editorial Universidad Eafit. Medellín. 2002.

¹⁶ Entre sus trabajos más relevantes, se encuentran: *La obra cartográfica de Francisco José de Caldas*. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2006. *Remedios para el imperio. Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo*. Universidad de Los Andes. Bogotá. 2006. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018. DÍAZ, Sebastián. MUÑOZ, Santiago. NIETO, Mauricio. *Ensamblando la nación. Cartografía y política en la historia de Colombia*. Universidad de los Andes. Bogotá. 2010.

¹⁷ Entre sus trabajos, véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. ARIAS, Jorge. ESPINOSA, Armando. *Matemáticas, Astronomía y Geología*. Tomo II de *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993. "Caldas y la matematización de la naturaleza. La querrela con Humboldt sobre el hipsómetro.". En: ESCOBAR, Alberto. REYNA, María [Editores]. *Popayán: 470 años de historia y patrimonio*. Letrarte Editores. Bogotá. 2006. pp. 119-135. ARBOLEDA, Luis Carlos. "Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.". En: QUICENO, Humberto [compilador]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX*. Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230. ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 - 1816*. Molinos Velázquez. Bogotá. 1994. ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas, matematización de la naturaleza y sentimiento telúrico*. Texto de la conferencia impartida en el Congreso Internacional del Bicentenario de Francisco José de Caldas. Universidad Autónoma de Manizales. 2016.

(o Geografía de las plantas) en Caldas y en Humboldt¹⁸ y que han llevado el debate a un plano internacional importante en el que, cada vez más, se proyecta la figura y obra de Caldas como un referente obligado para comprender el desarrollo histórico e ideológico del pensamiento científico en el ámbito colonial americano.

Ahora bien, en relación al tema puntual del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría, no existen aún estudios extensos ni exhaustivos si bien el tema está siempre presente en los trabajos generales sobre Caldas. Al respecto, es conveniente hacer las siguientes precisiones: el tema del descubrimiento del principio termométrico por parte de Caldas en 1801 es mencionado y ocupa un lugar importante (aunque no protagónico) tanto en la biografía de Caldas escrita por el profesor Alfredo Bateman¹⁹ como en la escrita por el profesor Santiago Díaz.²⁰ En el primer caso, los cuatro capítulos que se dedican hacen un análisis riguroso e ilustrativo pero, a fuerza de brevedad, no van más allá de una presentación esquemática del tema y lo mismo puede decirse de las páginas que le dedica al asunto el profesor Díaz en las que, más allá de la explicación discursiva del tema, no se da una presentación matemática detallada.

Y, en cuanto a textos específicos que abordan el tema en cuestión, tan solo se podrían mencionar tres artículos:

El primero es el texto titulado "*Las investigaciones meteorológicas de Caldas*" de autoría de los profesores Víctor Albis (matemático) y Regino Martínez-Chavanz (físico)²¹ en donde se hace una presentación minuciosa del planteamiento matemático de Caldas y se contrasta con otras fórmulas hipsométricas planteadas por científicos europeos pero, a manera de crítica, el texto no pasa de ser una exposición muy técnica en la que no se ofrece ningún tipo de contexto y en donde no se hace una citación discursiva de los textos de Caldas en los que de manera retórica consignó y fue explicando, con mucha claridad, su razonamiento.

¹⁸ Véase: GÓMEZ, Alberto. "*Alexander von Humboldt y la cooperación transcontinental en la Geografía de las plantas: una nueva apreciación de la obra fitogeográfica de Francisco José de Caldas*". En: *Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. International Review for Humboldt Studies*. HiN XVIII, 33. 2016. pp.22-49. VALENCIA, Darío. "*Caldas y Humboldt discurren sobre la geografía de las plantas.*". Ambos textos publicados en: ÁLVAREZ, Yolima. DÍEZ, Carlos. MORENO, Asdrúbal. SUÁREZ, Iván. [Editores académicos]. *Bicentenario Francisco José de Caldas, 1768-1816*. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2019. Y: GÓMEZ, Alberto. *Humboldtiana neogranadina*. 5 volúmenes. Universidad de Los Andes. Pontificia Universidad Javeriana. Universidad del Rosario. Universidad Externado de Colombia. CESA. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.

¹⁹ Esta es la exposición más larga y detallada que se ha hecho hasta ahora del tema del descubrimiento de la hipsometría en Caldas pues esta biografía dedica varios capítulos al tema, sin embargo, es claro que por tratarse de una síntesis biográfica, el tópico de la hipsometría no es el eje principal del trabajo y se aborda de manera general. Véase: BATEMAN, Alfredo. *Francisco José de Caldas. El hombre y el sabio*. Capítulos 19, 20, 21 y 22. pp.109-140.

²⁰ Véase: DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo VII. pp.145-153.

²¹ ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*. Este texto ha sido publicado en tres ocasiones: (1) En: *Meteorología Colombiana*, Número 2, 2000, pp.131-140. (2) En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 - 1816*. pp. 65-76. (3) En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016. pp.115-144.

En segundo término, está el artículo titulado “*El método de Caldas para medir la altura de las montañas*” de autoría del profesor Jorge Arias de Greiff²² en el que, más que una presentación sistemática del tema, se hace una crítica subjetiva (y un tanto sesgada) de la interacción entre Humboldt y Caldas en relación al tema de las nivelaciones barométricas; así, este texto ofrece una reflexión de contexto pero no profundiza más en el tema.

Por último, está el artículo titulado “*Caldas y la matematización de la naturaleza. La querella con Humboldt sobre el hipsómetro*” de autoría del profesor Luis Carlos Arboleda²³ que, si bien no expone los planteamientos matemáticos ligados al proceso del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría, sí indaga de manera clara y ordenada sobre qué tanto pudo avanzar y comprender Caldas del tema de la hipsometría gracias a su interacción con Humboldt; a continuación, el artículo aborda el tema de la fitogeografía para terminar haciendo una reflexión sobre la significación ideológica y política de la actividad científica de Caldas.

Y así, si bien el tema de los trabajos hipsométricos de Caldas ha sido tratado con anterioridad, consideramos que o bien ha sido abordado como un capítulo más de la biografía y trabajos de Caldas sin ahondar detalladamente en sus sutilezas e implicaciones o bien ha sido estudiado de una manera técnica en la cual no se da relevancia ni al contexto histórico ni al trasfondo ideológico que, claramente, configuraron y definieron la práctica científica de Francisco José de Caldas.

Igualmente, consideramos que hay tres falencias que, en mayor o menor medida, presentan los trabajos anteriores sobre el tema: en primer lugar, la extensión de los trabajos se limita a unas pocas páginas en las que se describe el proceso del descubrimiento de una manera general (o se exploran otros aspectos como su originalidad) sin que se ofrezca al lector una exposición sistemática y detallada del proceso dialéctico y matemático aparejado al hallazgo; en segundo lugar, algunos textos se limitan a describir de manera retórica el hallazgo pero no profundizan en la parte matemática o, en tercer lugar, otros ahondan en la exposición matemática pero descuidan el trasfondo dialéctico y la contextualización del tema.

De esta manera, la presente investigación tiene como objetivo el ofrecer al estudioso interesado un trabajo específico y detallado sobre el tema del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría por parte de Francisco José de Caldas en el que se trata de abordar el problema ya no como un tópico accesorio de una biografía sino como tema principal. Igualmente, se busca ofrecer al lector un contexto amplio de la figura de Caldas, de su época y de las condiciones ideológicas y materiales que determinaron tanto la vida del científico neogranadino como su obra científica. También, se pretende ofrecer una descripción completa del hallazgo del principio termométrico indagando y citando a profundidad las fuentes primarias (escindidas éstas, básicamente, en los cuatro textos específicos que Caldas dedicó al tema de la hipsometría y en su abundante correspondencia

²² ARIAS DE GREIFF, Jorge. *El método de Caldas para medir la altura de las montañas*. En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. pp.99-113.

²³ ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas y la matematización de la naturaleza. La querella con Humboldt sobre el hipsómetro*. pp.145-166. En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. pp.145-166.

personal) pero sin caer en lo meramente descriptivo ni tampoco en lo simplemente técnico; de esta manera, el trabajo busca exponer a profundidad toda la parte discursiva y argumentativa que acompañó al descubrimiento pero también se ocupa en detalle de presentar todo el trasfondo matemático del mismo explorando los antecedentes y los desarrollos paralelos que se dieron en Europa sobre el tema de la hipsometría.

Y, en cuanto al tema específico de la utilización del sistema métrico decimal por parte de Caldas - en 1809 y en el último de los escritos que dedicó al tema de la hipsometría -, se trata de un tópico inédito dentro de la bibliografía de los estudios caldasianos que solo ha sido abordado de manera tangencial por parte del profesor Luis Carlos Arboleda²⁴ a quien le corresponde el mérito de haber abierto la línea de estudio referente a las implicaciones ideológicas y sociopolíticas ligadas al uso e implementación de los sistemas de medición en el entorno republicano neogranadino del siglo XIX.

Así, en relación a este segundo eje temático de la investigación, el presente trabajo busca ofrecer un punto de partida sobre un tema que no obstante su relevancia y pertinencia - tanto dentro de la obra científica de Caldas como en el contexto de la historia social de la ciencia en el contexto republicano del siglo XIX - había permanecido inédito e inexplorado hasta ahora.

Trasfondo teórico.

Ahora bien, es preciso mencionar que este trabajo no pretende ser ni una mera recopilación de datos biográficos, fechas, citas y fórmulas matemáticas ni tampoco una disquisición teórica subjetiva de carácter personal y especulativo. Así, la pretensión básica de esta investigación es la de abordar a profundidad dos tópicos muy puntuales dentro de la obra científica de Francisco José de Caldas (el descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría y el tránsito metrológico hacia el sistema métrico decimal) pero también consideramos importante y pertinente asumir ciertos presupuestos teóricos que, en nuestra opinión, pueden enriquecer el análisis de la figura y obra de Caldas y ayudar a una comprensión integral y equilibrada tanto de su contexto histórico y cultural como del trasfondo ideológico en el que se enmarca su vida y su producción científica.

Estos planteamientos teóricos, como se verá, irán apareciendo en la medida en que resulte pertinente mencionarlos durante el desarrollo del trabajo pero, en un primer momento, nos parece conveniente mencionar algunas perspectivas teóricas que han servido como referentes interpretativos:

El primer presupuesto que asumimos es que la ciencia es una construcción social que surge dentro de un contexto ideológico e histórico determinado y, en ese sentido, debe ser entendida como una práctica social configurada por las condiciones en las cuales se produce.²⁵

²⁴ Véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. *Introducción del Sistema Métrico Decimal en Colombia a mediados del siglo XIX*. En: MORALES, Yuri. RAMÍREZ, Alexa [Editores]. *Memorias I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana. Noviembre 2013. Disponible en: http://ciaem-redumate.org/memorias-icemacyc/Conferencia_paralela,_Arboleda.pdf [Consultado en Septiembre 18 de 2019]

²⁵ Como acercamiento teórico a este planteamiento sociológico, véase: LEÓN, Olivé [Compilador]. *La explicación social del conocimiento*. Instituto de Investigaciones Filosóficas. México. 1994. Y, como reflexión específica en torno a la noción de

También, en relación a la práctica científica de Caldas, nos suscribimos a la tesis del profesor John Lewis Heilbron en relación a que un factor relevante en el desarrollo de las ciencias físicas y naturales durante el siglo XVIII fue el anhelo de exactitud que se reflejó en un énfasis en la medida y en la permanente búsqueda de precisión; consideramos que las investigaciones hipsométricas de Caldas (a pesar de su asilamiento cultural y de las dificultades instrumentales) y la posterior utilización del sistema métrico decimal pueden interpretarse desde este planteamiento teórico.²⁶

En lo relativo a los sistemas de medición, suscribimos los planteamientos teóricos del historiador Witold Kula que considera los sistemas metroológicos de referencia como estructuras conceptuales que son concebidas y adquieren significación política y social en función del contexto ideológico e histórico en el que surgen.²⁷

Finalmente, en el contexto particular de la historia de las prácticas científicas en el contexto neogranadino durante los siglos XVIII y XIX, nos afiliamos a los planteamientos de los profesores Mauricio Nieto, Renán Silva y Luis Carlos Arboleda en relación a dos tópicos concretos: primero, que la actividad científica que se desarrolló en el Nuevo Reino de Granada en la etapa final del período colonial y al comienzo de la etapa republicana puede verse también como una práctica intelectual con importantes repercusiones sociales y políticas²⁸ y, segundo, que el pensamiento ilustrado neogranadino que estimuló y configuró la actividad científica de la élite criolla debe ser entendido no como una simple copia del pensamiento europeo sino como “[...] *un nuevo sistema de representaciones sociales que produjo, si bien en un ámbito reducido, transformaciones culturales de importancia.*”²⁹

Plan de la obra.

Por último, hemos tratado de escribir un texto ameno y entendible y dirigido a cualquier tipo de lector sin importar su mucho, poco o ningún conocimiento previo ni del contexto histórico e ideológico del Nuevo Reino de Granada a finales del siglo XVIII ni de la figura y obra de Francisco José de Caldas (y máxime teniendo en cuenta que esta investigación se presenta en un contexto internacional como trabajo doctoral en una universidad europea).

‘descubrimiento científico’: BRANNIGAN, Augustine. *The social basis of scientific discoveries*. Cambridge University Press. 1981.

²⁶ Véase: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. University of California Press. Berkeley. 1990.

²⁷ KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Siglo Veintiuno Editores. Madrid. 1980.

²⁸ Véase: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018. Y: ARBOLEDA, Luis Carlos. “Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.”. En: QUICENO, Humberto [compilador]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX*. Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230.

²⁹ Véase: SILVA, SILVA, Renán. *Los ilustrados de Nueva Granada 1760-1808. Genealogía de una comunidad de interpretación*. Fondo Editorial Universidad Eafit. Medellín. 2002. Introducción. 2. p.22.

Así, esta investigación trata de ofrecer tanto una panorámica del contexto histórico e ideológico neogranadino a finales de la época colonial como un recuento general de la trayectoria vital de Caldas puesto que conocer su vida y su carácter nos permite comprender su ciencia.

La Primera Parte (capítulos 1, 2 y 3) se ocupa de trazar una panorámica histórica general sobre el contexto ideológico y social del virreinato de la Nueva Granada y un repaso sucinto de los orígenes, infancia y juventud de Caldas:

El capítulo 1 hace un recuento histórico general de la historia del virreinato de la Nueva Granada y de la Provincia de Popayán para concluir describiendo los orígenes, infancia y primera juventud de Caldas hasta cuando, bajo la guía del maestro ilustrado José Félix de Restrepo, se sintió atraído por el estudio de las ciencias físicas y naturales. El capítulo 2 aborda el período como estudiante universitario de Caldas durante el cual se trasladó a Santafé y se relacionó por primera vez con el ambiente ilustrado santafereño en el que se acogían y promulgaban las ideas de la Ilustración europea. El capítulo 3 se ocupa de analizar las diferentes repercusiones que tuvo el pensamiento ilustrado en el entorno intelectual neogranadino y las reformas que la élite criolla trató de implementar en concordancia con esas primeras manifestaciones del espíritu ilustrado en el Nuevo Reino de Granada.

La Segunda Parte (capítulos 4, 5 y 6) se ocupa en detalle del descubrimiento en solitario por parte de Caldas del principio termométrico de la hipsometría:

El capítulo 4 describe el proceso vital que llevó a Caldas a decidirse por su vocación científica y la manera como, afrontando dificultades materiales e ideológicas, llegó a formarse de manera solitaria y autodidacta como científico. El capítulo 5 describe el proceso intelectual, científico e instrumental que llevó a Caldas, en 1801, al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría. El capítulo 6 hace un recuento sucinto de la etapa posterior de la vida Caldas en el período comprendido entre 1801 y 1816 describiendo las importantes actividades científicas que consolidaron su trayectoria científica: su convivencia con Humboldt y Bonpland, su ingreso a la Expedición Botánica gracias al apoyo y patrocinio de Mutis, su desempeño como director del Real Observatorio Astronómico de Santafé, su faceta como divulgador científico y periodista y, finalmente, su vinculación a la revolución independentista que lo condujo a la muerte en 1816.

En la Tercera Parte (capítulos 7 y 8) se hace un análisis detallado de los cuatro escritos de Caldas dedicados al tema de la hipsometría y se examina de manera minuciosa el andamiaje matemático a partir del cual Caldas trató de hallar una fórmula de validez universal que diera cuenta de su descubrimiento de que el punto de ebullición del agua varía en función de la presión atmosférica y, por ende, de la altura sobre el nivel del mar:

El capítulo 7 reseña y analiza los cuatro textos que Caldas dedicó al tema de la hipsometría entre 1802 y 1809 analizando tanto el razonamiento discursivo como el andamiaje matemático que Caldas empleó para describir el fenómeno estudiado. El capítulo 8 se ocupa en detalle de analizar los procedimientos matemáticos de Caldas y se relaciona su descubrimiento y avances con el tema de la hipsometría con las investigaciones que tuvieron lugar en Europa entre los siglos XVII y XIX.

Y la Cuarta Parte (capítulos 9 al 13) se ocupa específicamente de analizar el tránsito epistemológico y técnico que Caldas hizo, en 1809, al utilizar por primera vez el sistema métrico decimal en el Nuevo Reino de Granada:

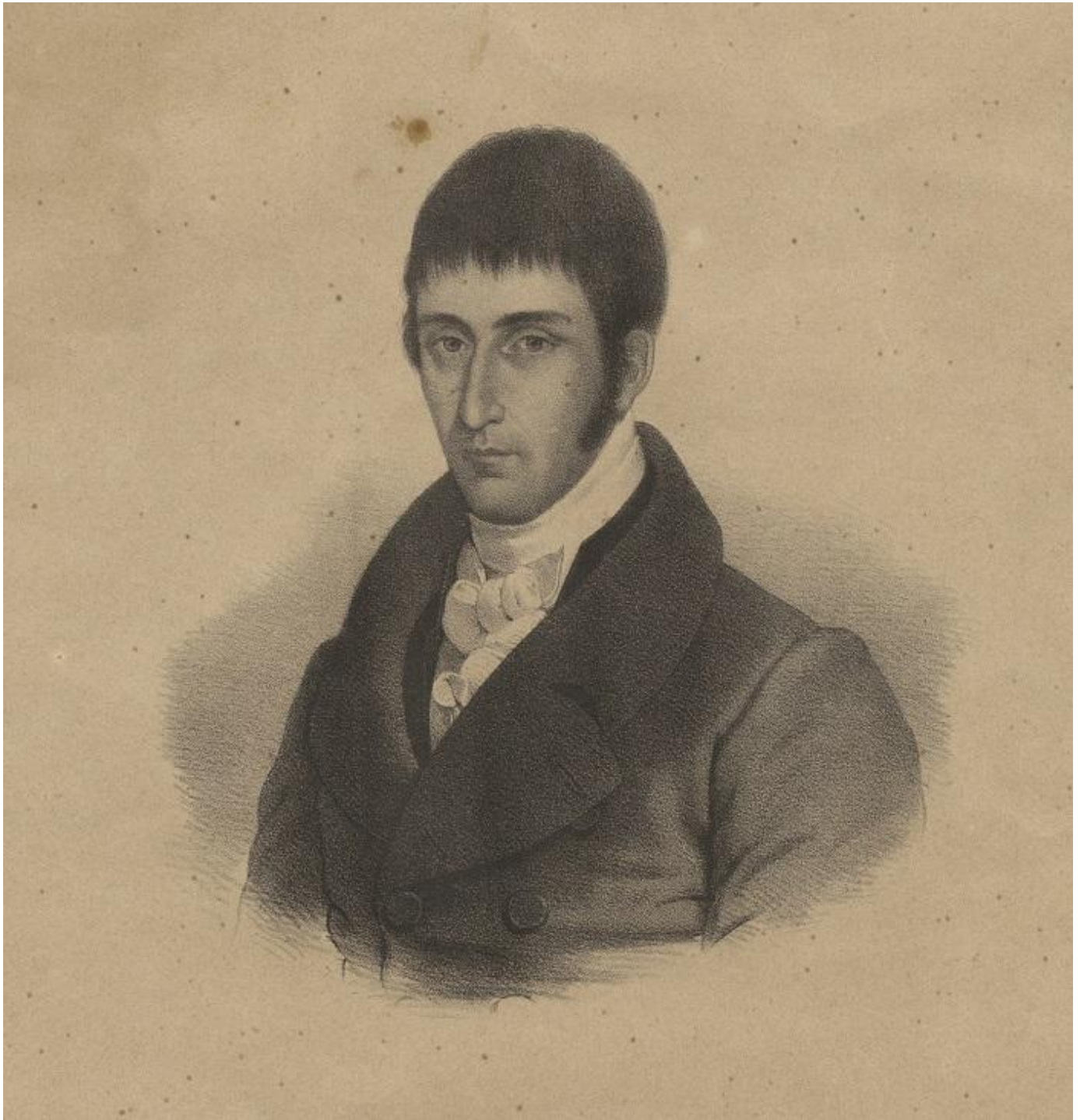
El capítulo 9 ubica la obra científica de Caldas en relación a las pulsiones filosóficas y epistemológicas que impulsaban el desarrollo de la ciencia moderna europea durante los siglos XVIII y XIX. El capítulo 10 explora las implicaciones ideológicas y epistemológicas ligadas a la utilización del sistema métrico decimal. El capítulo 11 analiza las repercusiones matemáticas y científicas de asumir el nuevo sistema metrológico en el contexto de los trabajos hipsométricos de Caldas. El capítulo 12 explora las implicaciones técnicas e instrumentales que generó la concepción y uso del sistema métrico decimal y su efecto en el desarrollo de la ciencia posterior tanto en Europa como en el contexto republicano neogranadino. El capítulo 13 aborda las importantes repercusiones sociales y políticas que tuvo la implementación, a mediados del siglo XIX, del sistema métrico decimal como sistema oficial de pesos y medidas y la manera como el nuevo sistema metrológico sirvió también de bandera ideológica de la élite criolla gobernante para afianzar su poder político sobre la ahora república independiente de la Nueva Granada.

Por último, las conclusiones consignan observaciones y reflexiones finales que han surgido como resultado de la investigación realizada.

Así, sea esta investigación una invitación a conocer y estudiar la obra científica de Francisco José de Caldas con el anhelo de abrir nuevas perspectivas interpretativas que conduzcan a una mejor comprensión del desarrollo del pensamiento científico en el contexto neogranadino de los siglos XVIII y XIX.

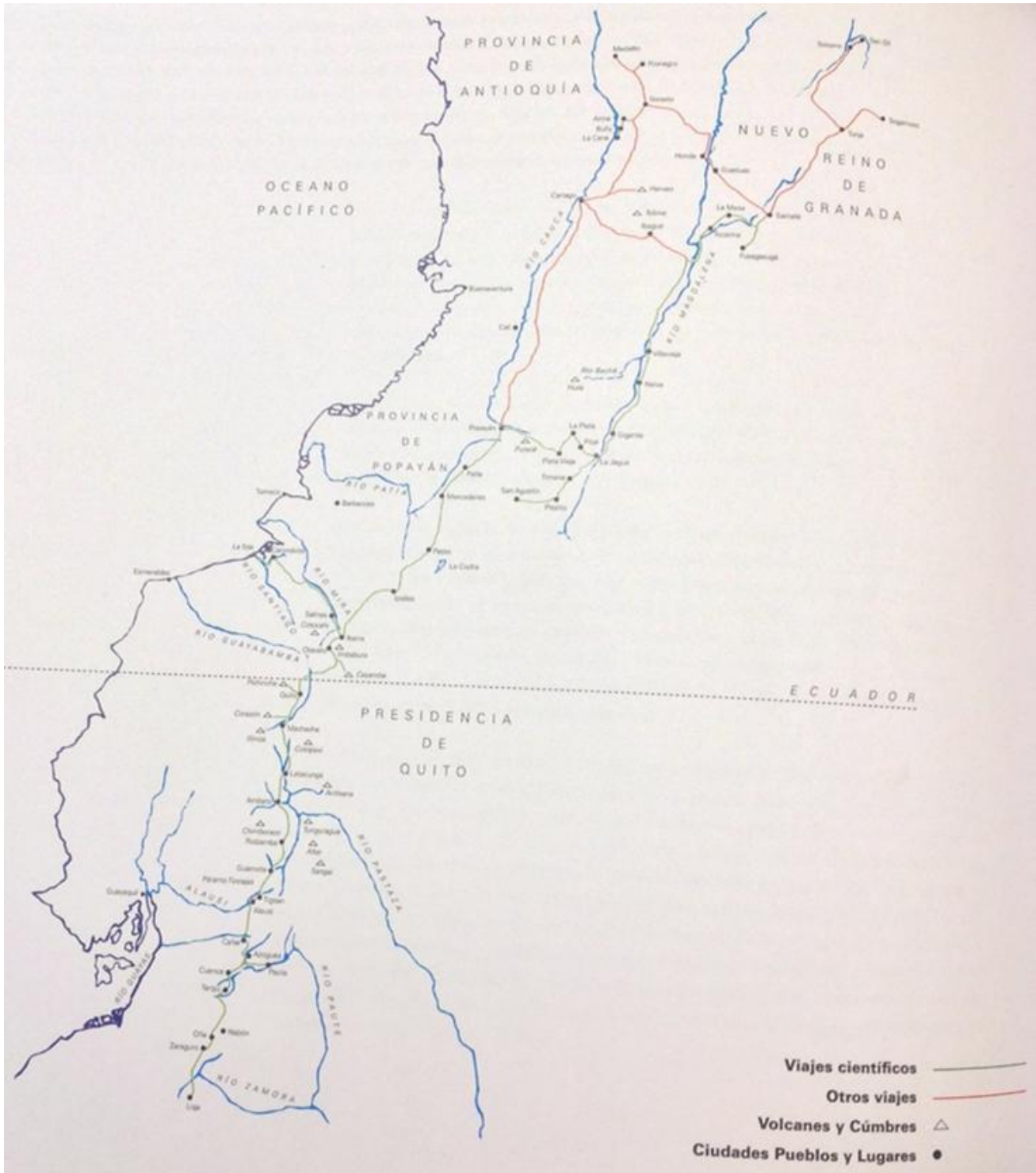
Primera Parte.

Francisco José de Caldas y su tiempo.



Francisco José de Caldas y Tenorio (1768-1816)³⁰

³⁰ Grabado en madera del artista Antonio Rodríguez (1845-1897) que fue publicado en el periódico santafereño *Papel Periódico Ilustrado* el 2 de agosto de 1883 (Número 24, Año I, página 381).
Imagen tomada de: <http://www.revistacredencial.com/credencial/historia/temas/la-obra-grafica-de-la-expedicion-botanica-del-nuevo-reino-de-granada-1783-1816> [Noviembre 20 de 2019]



Mapa que muestra los viajes de Francisco José de Caldas entre el Nuevo Reino de Granada y la Presidencia de Quito, el territorio en el cual transcurrió su vida.³¹

³¹ Imagen tomada de: NIETO, Mauricio. *La obra cartográfica de Francisco José de Caldas*. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2006. p.74.

Capítulo 1.

El joven Francisco José de Caldas y Tenorio.

“No tenemos mayores noticias acerca de los primeros años del sabio. Los relatos que se transmiten en las conversaciones de familia, nos enteran de una serie de episodios caseros sin mayor importancia. ¿Cómo crecería este niño prodigio de la sabiduría? ¿Cuáles serían sus inclinaciones, sus afectos más caros; y sus juguetes, y sus amigos, sus primeros libros de lectura; cómo en fin, sería el pequeño mundo de su infancia?”

Caldas. Jaime Paredes.³²

1.1 - El Virreinato del Nuevo Reino de Granada y la Provincia de Popayán.

Para finales del siglo XVIII, en el momento del nacimiento de Francisco José de Caldas y Tenorio, la América española continental era todavía un vasto territorio en su mayor parte inexplorado salpicado, aquí y allá, por algunas aldeas coloniales aisladas. Estas villas, que fueron fundadas en su mayoría por los conquistadores españoles en el trascurso de los siglos XVI y XVII, estaban desperdigadas en medio de territorios inmensos enmarcados por la agreste naturaleza del trópico americano. Las fundaciones que sobrevivieron a los primeros años de incertidumbre de la conquista prosperaron como centros políticos, económicos y sociales y se encumbraron como los núcleos de facto del poder colonial. Ciudades como Ciudad de los Reyes (Lima), San Francisco de Quito, Santafé (Bogotá), Cartagena de Indias y Asunción de Popayán - entre muchas otras -, pronto se constituyeron como los epicentros del mundo colonial en los que habitaron los conquistadores triunfantes con sus riquezas de tierras, minas e indios y, ya pasado el tiempo de la conquista y establecida la época de la colonia, allí nacieron y gobernaron sus descendientes, los primeros mestizos de América que, orgullosos de su herencia peninsular, se denominaron a sí mismos *criollos* y fueron, por derecho de títulos, armas y providencias, dueños y amos hereditarios de las tierras y riquezas americanas.

Cada villa colonial, ganada al monte, a las plagas y a los indios, representaba un triunfo de la civilización europea sobre la naturaleza agreste y la barbarie y se constituía como un foco de colonización para ulteriores avances y conquistas y en un baluarte de religiosidad y de moral cristiana en medio del salvajismo de las tierras sin conquistar.³³

³² PAREDES, Jaime. *Caldas*. Ediciones Librería Siglo XX. Bogotá. 1946. pp.11-2.

³³ Como disertación historiográfica en torno a las significaciones antropológicas y culturales del espacio natural y del entorno humano de la conquista y de la colonia, véase: BORJA, Jaime. *Los indios medievales de Fray Pedro Aguado. Construcción del ídola y escritura de la historia en una crónica del siglo XVI*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2002. Y, en relación a la importancia de las ciudades como núcleos de la conquista y del poder colonial: RODRÍGUEZ, Pablo. *“Organización y cambio social en la Colonia”*. En: MELO, Jorge. [Director académico]. *Gran Enciclopedia de Colombia*. Círculo de Lectores. 2007.

Tierra adentro, en las espesuras inexploradas y en la mente fantasiosa de los conquistadores, estaba siempre la promesa del Dorado, el hechizo de las leyendas de los reinos perdidos y las fantasías del oro ilimitado. Y buscando esas quimeras de riquezas sin fin, trashumaron por doquier los capitanes y las mesnadas españolas, haciendo la guerra a pueblos paganos, fundando nuevos reinos cristianos, abriendo caminos a través de las selvas y las cordilleras, sometiendo legua a legua el vasto imperio de Tierra Firme. Poco a poco las ciudades fueron prosperando como puntos de comercio y de colonización, capitales florecientes donde asentaron sus reales los conquistadores, los funcionarios y dignatarios de la Corona y en donde la Iglesia comenzó su nueva cruzada de evangelización.³⁴

En esos territorios lejanos del nuevo continente atlántico que ahora pertenecían a España, a Portugal, a Inglaterra, a Francia y a Holanda, principalmente, se formaron sociedades coloniales que fueron regidas durante siglos por los monarcas europeos y por sus directos representantes políticos, militares y eclesiásticos. Florecieron con el tiempo, en lo concerniente a la América española, riquísimos y vastísimos reinos que, por ser súbditos de los Austrias y Borbones, se denominaron Virreinos y que, a la sazón, serían: el Virreinato de Nueva España (1535-1821), el Virreinato del Perú (1542-1824), el Virreinato del Río de la Plata (1776-1814) y el Virreinato del Nuevo Reino de Granada (1717-1723, 1739-1810 y 1816-1819).³⁵

La administración política, económica y social de tan vastos dominios hizo necesario que la Corona Española creara e instituyera todo un sistema burocrático que le permitiera, en la medida de lo posible, tener algún control real sobre la inmensidad de los territorios sometidos y así, desde la letra de molde de los designios legales de la monarquía española, los llamados virreinos se convirtieron en las unidades gubernamentales básicas de organización en todo lo referente a política, poblamiento, sociedad y economía de la América colonial. En la práctica, dichos virreinos nunca dejaron de ser creaciones ficticias trazadas arbitrariamente sobre mapas imprecisos de territorios inmensos que nadie conocía a cabalidad y que nunca pudieron ser organizados sistemáticamente.

Mientras la Europa de los siglos XVI, XVII y XVIII vivía sus propios y complejos procesos históricos tales como las pestes devastadoras, la lucha permanente en tierra y mar contra la expansión de los reinos musulmanes, las sangrientas guerras religiosas entre protestantes y católicos, la aparición de nuevas filosofías que promulgaban principios revolucionarios de organización social y política y el surgimiento de lo que con el tiempo sería la ciencia moderna, en los territorios de ultramar, que pertenecían a las potencias europeas que dominaban el mundo, se materializaron unas condiciones históricas, sociales, políticas, económicas e ideológicas peculiares. Con el tiempo y a partir de complejas dinámicas de colonialismo, capitalismo, dominación, confrontación e independencia, estos procesos históricos intercontinentales terminaron por moldear el mundo moderno.³⁶

³⁴ Véase, como estudio histórico general sobre la conquista y colonización de la América española y portuguesa: KONETZE, Richard. *América latina. II. La época colonial*. Historia Universal Siglo XXI Editores. México. 1985. (En detalle los capítulos 3, 4 y 5 para los temas de poblamiento, colonización y organización estatal).

³⁵ El nombre del reino era Virreinato del Nuevo Reino de Granada aunque también se denominaba como Virreinato de la Nueva Granada o Virreinato de Santafé siendo los tres nombres válidos.

³⁶ Como estudios sobre esta dinámica colonial, véase: VAN DÜLMEN, Richard. *Los inicios de la Europa moderna*. Historia Universal Siglo XXI. Volumen 24. México. 1995. FIELDHOUSE, David. *Los imperios coloniales desde el siglo XVIII*. Historia

Con el paso de los años, el gobierno y los usufructos de los virreinos llegaron a ser en gran medida patrimonio, primero, de aquellos descendientes directos de conquistadores y encomenderos que se aseguraron la propiedad de tierras, minas e indios; segundo, de aquellas familias acaudaladas – como la de Francisco José de Caldas – que pasaron a Indias y que por títulos de nobleza provenientes de España – ya sea legítimos o ilegítimos o inventados o usurpados – se ubicaron de manera prominente en la escala social de los nuevos dominios y se enseñorearon tanto como pudieron y, tercero, de otros linajes ni legítimos ni aristocráticos que, de manera un tanto fortuita, llegaron a asegurarse un lugar de alcurnia y honra en estos reinos remotos y agrestes, distantes millares de leguas de cualquier lugar civilizado, y en los que, al final, no había ni ley ni rey que pusiese freno a las ambiciones más desmedidas.³⁷

De esta manera, tras las cruentas conquistas militares acaecidas a lo largo del siglo XVI – y cuyos focos más violentos fueron los enfrentamientos entre Francisco Pizarro y el Imperio Inca en los Andes centrales suramericanos y la despiadada lucha entre Hernán Cortés y la Civilización Azteca en las tierras mejicanas –, terminó estableciéndose en toda la América española un régimen colonial que, no obstante las inmensas dificultades administrativas de todo tipo, logró consolidar en la medida de lo posible el control de los nuevos territorios conquistados (y aún inexplorados en su mayor parte). En lo sucesivo, durante los siglos XVII y XVIII, se consolidó la total hegemonía social, política y económica de los ya mencionados *criollos*, los descendientes americanos – muchas veces mestizos – de los primeros señores españoles dueños de las tierras, las gentes, los recursos y las riquezas de las diversas provincias de los virreinos hasta que a comienzos del siglo XIX, y en toda la extensión de la América española, esas privilegiadas castas criollas se volvieron contra la corona de sus ancestros e, inspirados por los vientos ilustrados que soplaban principalmente desde la Francia revolucionaria, terminaron por lograr la independencia absoluta de la ‘madre patria’ española invadida y sometida entonces por los ejércitos de Napoleón.

En el momento del nacimiento de Francisco José de Caldas, para la segunda mitad del siglo XVIII y bajo el reinado de Carlos III de la Casa de Borbón, la villa de Asunción de Popayán, orgullosa de la hidalguía de sus linajes principales y caracterizada desde entonces por su ferviente religiosidad, constituía un baluarte importante del imperio español en medio de los Andes equinociales del extenso virreinato el Nuevo Reino de Granada. La ciudad colonial de calles empedradas y de casas blancas encaladas, a la usanza de España, se encuentra asentada en el Valle de Pubenza cuya naturaleza y clima sedujeron desde el Siglo XVI a los conquistadores y viajeros que vieron en esos montes y praderas siempre verdes, primaverales y fértiles, abundantes de aguas cristalinas, una tierra de promisión y de riqueza.

Antes del arribo de los conquistadores, muchos pueblos nativos como los Páez, Guambianos, Aviramas, Totoroes, Polindaras, Paniquitae, Coconucos, Patías, Bojoles, Chapanchicas, Sindaguas, Timbas, Jamundíes y Cholos habían vivido y prosperado durante siglos en aquella comarca hasta

Universal Siglo XXI. Volumen 29. México. 1999. Y, como disertación histórica: HOFFMAN, Philip. *¿Por qué Europa conquistó el mundo?* Editorial Crítica. Barcelona. 2016.

³⁷ En cuanto extenso estudio de la sociedad colonial neogranadina y de los complejos procesos políticos, sociales y económicos que la caracterizaron, véase: LIÉVANO, Indalecio. *Los grandes conflictos sociales y económicos de nuestra historia*. Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1972.

que, en 1538, apareció por el sur el veterano capitán castellano Sebastián de Belalcázar, quien venía remontando los Andes hacia el norte desde Perú en donde había participado en la expedición de Francisco Pizarro que, en 1532, había culminado con el desmembramiento político del gran Imperio Inca. Después de dejar al sur el reino del Perú, el capitán y su hueste decidieron remontar la cordillera con rumbo norte en busca del mítico Dorado y en el camino fundaron la importante villa de San Francisco de Quito en 1534 (sobre las cenizas del antiguo poblado inca), Santiago de Cali en 1536 y Asunción de Popayán en 1537:

“Llegado, pues, Benalcázar a la Corte de Popayán, como dijimos, y habiéndose encontrado con la hermosura de un valle, que desde allí hasta una de las cabeceras del río grande se dilataba por espacio de catorce leguas, abundante no menos de arroyos y ríos despeñados de los Andes, que de vistosos campiñas y vegas en que la multitud de estancias y huertas estaban publicando la fertilidad del país, determinó alojar en él, eligiendo el sitio de una mesa alta puesta en dos grados y medio de la equinoccial de esta banda del Norte, cuyo temple, huyendo las destemplanzas de Quito por frías y las de Cartagena por cálidas, es medianero de sus oposiciones; y cuyo cielo benigno, aunque lluvioso, y campos criados para los mejores trigos que se experimentan, ha conseguido que se tenga en las Indias por mejor cielo, suelo y pan el de Popayán.”³⁸

Los valles andinos de gran altitud pero de permanente clima templado (dada su ubicación tropical y la carencia de estaciones) atrajeron desde un comienzo a los conquistadores españoles pues su clima se asemejaba a un tibio otoño europeo; en estos valles destacaba la inmensa fertilidad de los suelos y la abundancia de aguas, productos y riquezas. Además, dichas regiones de clima suave y de aires muy saludables contaban con la gran ventaja de no estar invadidas por alimañas y plagas mortales como sí ocurría en las tierras calientes cercanas al nivel del mar. Mientras ciudades caribeñas como Santo Domingo de Guzmán, La Habana o Cartagena de Indias siempre fueron un hervidero de plagas, fiebres, mosquitos y sabandijas diversas que traían terribles quebrantos de salud y cuantioso número de muertes a los europeos ajenos a ese entorno natural, en los valles interandinos los conquistadores encontraron un suave paisaje de bienestar en el que incluso los nativos mostraban menos fogosidad guerrera:

*¡Tierra buena, tierra buena!
¡Tierra que pone fin a nuestra pena!
Tierra de oro, tierra bastecida,
Tierra para hacer perpetua casa,
Tierra con abundancia de comida,
Tierra de grandes pueblos, tierra rasa,
Tierra donde se ve gente vestida,*

³⁸ FERNÁNDEZ DE PIEDRAHITA, Lucas. *Historia general de las conquistas del Nuevo Reino de Granada*. Imprenta de Medardo Rivas. Bogotá. 1881. Volumen I. Libro IV. Capítulo I. p.210.

*y a sus tiempos no sabe mal la brasa:
Tierra de bendición, clara y serena,
¡Tierra que pone fin a nuestra pena!”³⁹*



Vista de Popayán.⁴⁰

No es de extrañar entonces que las ciudades fundadas en esos valles interandinos, como Santiago de León de Caracas (1567), San Francisco de Quito (1534), Santiago de la Nueva Extremadura (1541), Santafé de Bogotá (1538) y Asunción de Popayán (1537), alcanzaran pronto un papel protagónico como centros urbanos y verdaderos puestos de avanzada de la empresa colonial española en el Nuevo Mundo pues en estas prósperas ciudades se establecieron desde un comienzo las sedes de los poderes virreinales que actuaban como representantes directos de la Corona (y esto a pesar de estar en ocasiones ubicadas muy lejos de los vitales puertos de mar y de tener un acceso terrestre difícil y escabroso como en el caso de Quito, Santafé de Bogotá y Popayán).

³⁹ CASTELLANOS, Juan. *Elegías de varones ilustres de Indias*. Gerardo Moreno Rivas Editor. Bogotá. 1997. *Segunda parte. Elegía IV. Canto cuarto*. p.593. **Juan de Castellanos** (nacido en Sevilla en 1522, pasado a Indias en 1541 y fallecido en Tunja en 1606) en uno de los principales cronistas del proceso de conquista y colonización de los territorios de la América española y en particular del Nuevo Reino de Granada. Su extensa crónica en verso titulada *Elegías de varones ilustres de Indias*, publicado en 1589, se considera como el poema más extenso escrito en cualquier lengua.

⁴⁰ Dibujo realizado por el dibujante francés Alfred-Alexandre Delauney (1830-1894). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia. La Nueva Granada vista por dos viajeros franceses del siglo XIX*. Charles Saffray. Edouard André. Litografía Arco. Bogotá. 1968. p.42.

Como consecuencia de estas dinámicas de exploraciones, conquistas y fundaciones, la villa nativa de Francisco José de Caldas y Tenorio - fundada el 13 de enero de 1537 por el mencionado Sebastián de Belalcázar (a quien el propio Carlos V concedió en 1540 el título de adelantado y gobernador vitalicio de Popayán) -, muy pronto brilló como ciudad principal de la homónima Provincia de Popayán por muchas características importantes.

La Provincia como tal constituía un dominio inmenso - mucho más grande que los reinos de Castilla, de León y de Aragón juntos - que estaba totalmente abierto a la empresa conquistadora y a la intención colonial europea.⁴¹ Los territorios de la Provincia comenzaban, por el Este, en la región selvática de la cuenca del río Amazonas para luego remontar, hacia poniente, los picos andinos coronados por nieves perpetuas (por encima de los 5000 metros sobre el nivel del mar) hasta llegar, por el Oeste, a las selvas de la costa (en donde abundaba el oro), y terminar en la costa Pacífica sobre el Mar del Sur a medio camino de la ruta marinera que conectaba a Perú con Panamá; y, de norte a sur, la Provincia cubría prácticamente todo el territorio que se extendía entre las ciudades de Santafé y Quito.

Desde el Siglo XVI, la Provincia descolló como un foco importante del comercio colonial por la abundancia de oro de aluvión y por la presencia de minas del mismo metal y, dada la fertilidad de sus suelos y de su diversidad climática, el territorio proveía gran cantidad de ganados de diversa clase, productos agrícolas innumerables entre los que estaban el tabaco, el algodón y el maíz y, con el tiempo, las valiosas quinas medicinales andinas. Y en el centro de toda la prosperidad de la provincia se hallaba la señorial ciudad de Popayán y su engalanada aristocracia local.

A su vez, la privilegiada situación geográfica hacía de la ciudad de Popayán un punto intermedio ideal en el tránsito entre el Virreinato de la Nueva Granada, la próspera Provincia de Quito y el Virreinato del Perú. Se estima que para el año de 1807, la ciudad tenía 7074 habitantes, de los cuales 1018 pertenecían a la 'nobleza' y 1359 eran esclavos; a su vez, la ciudad contaba con 871 casas y la engalanaban once iglesias y seis conventos.⁴²

Todos estos factores naturales, económicos y políticos hicieron de Popayán una de las ciudades principales de toda la América española durante la época colonial y, dado el número de descendientes de linajes españoles afincados en ella, por títulos y prosapia de sus gentes siempre se contó entre las villas principales del virreinato junto con Cartagena de Indias y Santafé de Bogotá.⁴³ Para resaltar aún más su preeminencia política, contó con el privilegio - sólo compartido con Santafé -, de poseer una

⁴¹ A manera de comparación, se puede anotar que para el año de 1789 la Provincia de Popayán, en nomenclatura moderna, tenía una extensión de 668.400 kilómetros cuadrados y que la superficie total de España, en 2020, es de 505.370 kilómetros cuadrados.

⁴² Para una mirada panorámica sobre la Popayán colonial, véase: SCHUMACHER, Hermann. *Caldas. Un forjador de la cultura*. 1986. Imprenta patriótica del Instituto Caro y Cuervo. Bogotá. 1986. Capítulo I. pp.5-20.

⁴³ En relación a la estructura social de la ciudad de Popayán y a la preeminencia e influencia histórica de algunas de sus familias criollas, puede consultarse: LLANOS, Héctor. "Surgimiento, permanencia y transformaciones históricas de la élite criolla de Popayán (siglos XVI-XIX)", en *Revista de Estudios Regionales* 1, N°3, 1979. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/7525/> [Consultado en Enero 15 de 2019]

Casa de Moneda en donde, gracias a Real Cédula, se podía acuñar y distribuir moneda legítima avalada por la autoridad de la Corona Española.



Mapa de las primeras divisiones coloniales del territorio de Tierra Firme en el que se observa (en amarillo) la Provincia de Popayán.⁴⁴

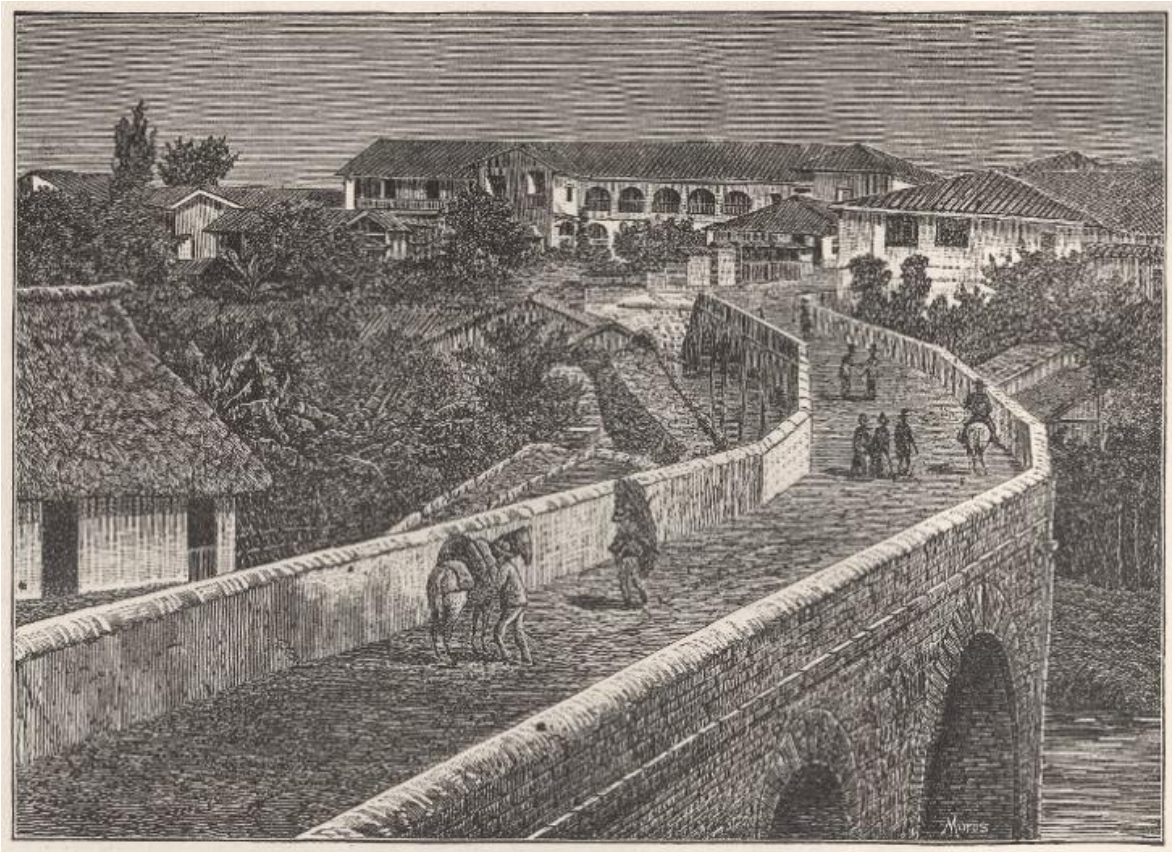
Por lo demás, Popayán, junto a Cartagena, fue uno de los grandes focos del comercio esclavo en el virreinato.⁴⁵ Las grandes familias criollas tradicionales y pudientes fueron también las mayores propietarias y tratantes de servidumbre esclava durante los siglos XVII y XVIII y, pasado el tiempo, los descendientes de esas familias aristocráticas, terratenientes y esclavistas, fueron los adalides e ideólogos de la causa independentista en los albores del siglo XIX inspirados en los ideales de justicia, igualdad, fraternidad y libertad promulgados por la Ilustración europea.

Dentro de este complejo contexto colonial, y desde el siglo XVI hasta el XIX, se repitió y perpetuó en toda la América española el modelo aristocrático cerrado y hereditario sustentador del entramado social virreinal. Esta sociedad colonial, configurada y regida por españoles pasados a Indias y por los denominados *criollos* que, como Caldas, se enorgullecían de su probada ascendencia peninsular, constituyó en su conjunto de características sociológicas, ideológicas, políticas, económicas y

⁴⁴ Imagen tomada de: BARATTA, Mario. VUSINTIN, Luigi. *Atlas histórico universal*. Instituto Geográfico de Agostini. Novara. 1933. Primeras divisiones coloniales de Colombia. pp.43-44.

⁴⁵ Los archivos constatan que entre 1680 y 1800 se negociaron por lo menos 9400 esclavos negros en los mercados payaneses de trata. Como aproximación a la historia social y económica de la Provincia de Popayán durante la colonia, véase: COLMENARES, Germán. *Historia económica y social de Colombia*. Tercer Mundo Editores. 2 Volúmenes. Bogotá. 1999. En particular, véase el Tomo II de dicha obra titulado: *Popayán: Una sociedad esclavista 1680-1800*.

culturales una compleja realidad histórica de suma importancia y trascendencia pues, a lo largo de un poco más de trescientos años, se encumbró como el modelo social preponderante en el Nuevo Mundo que, anclado en sus valores y usos y en el peso de la tradición, dejó una impronta muy profunda en el desarrollo histórico y cultural de todo el hemisferio occidental.



Entrada a la ciudad de Popayán por el llamado Puente del Humilladero sobre el Río Molino.⁴⁶

Para el caso particular de Popayán, en el núcleo mismo de esta estructura social se encontraban algunos de los grandes linajes criollos - tales como Mosquera, Arboleda, Caldas, Torres, Tenorio -, que, reforzados generación tras generación por uniones matrimoniales endogámicas, brillaron a lo largo de los siglos como ejemplos aristocráticos de preeminencia social y de supuesta distinción racial y, en los años iniciales del Siglo XIX, cuando se definió la independencia de España, terminaron por dejar su impronta, como generales, próceres y presidentes, en la historia de la recién nacida república soberana.

Vástago ilustre de uno de esos distinguidos linajes de raigambre española fue Francisco José de Caldas y Tenorio.

⁴⁶ Grabado publicado en el periódico santafereño *Papel Periódico Ilustrado* en Marzo 1 de 1884 (número 61, Año III, página 196). Imagen tomada de: <http://www.revistacredencial.com/credencial/historia/temas/dionisia-de-mosquera-un-crimen-pasional-del-siglo-xviii-en-popayan> [Consultado en Julio 10 de 2019]

1.2 - Nacimiento e infancia de un criollo ilustre.

Francisco José de Caldas y Tenorio nació en los meses finales del año de 1768 y, aunque se desconoce el día exacto, es posible colegir que su nacimiento tuvo lugar el día 4 de octubre pues, dada la costumbre imperante en aquellos tiempos de bautizar a los niños bajo los nombres asignados día tras día por el santoral, a esa fecha le corresponde el santo patrono San Francisco de Asís.⁴⁷

Por nacimiento, el pequeño Francisco José pertenecía a una de las más encumbradas y tradicionales familias de Popayán y, en un hogar en el que ya le habían precedido cuatro hermanas mayores, ocupó el importante lugar del varón primogénito destinado a cultivar y enaltecer aún más la alcurnia de su respetable apellido.

A un niño de su origen y procedencia social le estaba destinado desde el nacimiento el buen vivir de las clases dominantes sin mayores tribulaciones ni sacrificios: tras una obligada y muy devota educación católica en el único colegio para señoritos de la villa, el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís, se le prepararía para cursar estudios de derecho en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario de la principal ciudad de Santafé; luego, como hijo mayor de la familia, seguiría los pasos del padre en la administración comercial de los bienes y haciendas familiares con los avatares económicos propios del oficio para luego concertar un matrimonio conveniente y rentable con alguna dama prestante con la cual engendrar una descendencia numerosa y, para la madurez, se presupuestaba para él la consecución de algún cargo burocrático distinguido dentro de la administración colonial de la provincia que le trajera riqueza y reconocimiento y garantizara la distinción y prosperidad del linaje familiar.

Para un joven hidalgo como Francisco José, los cursos de la vida y la fortuna iban a la par de los blasones familiares pues tanto la admisión, en la infancia, en alguno de los pocos colegios y colegios mayores del virreinato como, en la juventud y madurez, la obtención de algún cargo administrativo importante, dependían directamente del poder probar con los debidos documentos, certificaciones y referencias, la pertenencia de abolengo a linajes españoles no deslegitimados por indebidamente uniones ancestrales con antepasados no europeos.

Las creencias raciales y sociales de la época eran tan estrictas en cuanto a 'pureza de sangre' que el hecho de tener un antepasado 'no legítimo' (entiéndase sin eufemismos - dentro de la mentalidad de la sociedad colonial -, tener un ancestro mestizo o negro o indio o incluso morisco o judeoconverso) hacía que un individuo quedase para siempre excluido de la élite imperante en la ciudad, la provincia y el virreinato y restringido por tanto a un segmento social inferior.⁴⁸ Sólo los *criollos*, es decir, los hijos legítimos de españoles de probada alcurnia, tenían el derecho y la posibilidad de acceder a una

⁴⁷ "La mayoría de los niños venían al mundo en los meses de agosto, octubre y mayo. De acuerdo con las estadísticas, las parejas concebían sus hijos en los meses de noviembre, enero y septiembre. El mes de nacimiento estaba muy determinado por las recomendaciones eclesiásticas de hacer veda sexual en las épocas de Cuaresma y de Navidad. Justamente, los meses en que menos niños nacían eran diciembre y enero." Véase: RODRÍGUEZ, Pablo. "Casa y orden cotidiano en el Nuevo Reino de Granada, s. XVIII.", en: CASTRO, Beatriz [Editora]. *Historia de la vida cotidiana en Colombia*. Grupo Editorial Norma. Bogotá. 1996. pp.103-129. p.114.

⁴⁸ En relación a la mentalidad racial y los usos jerárquicos de la sociedad colonial, puede consultarse: DUEÑAS, Guiomar. *Los hijos del pecado. Ilegitimidad y vida familiar en la Santafé de Bogotá colonial*. Editorial Universidad Nacional. Bogotá. 1997.

educación académica y, por ende, sólo ellos podían detentar cargos políticos administrativos dentro del andamiaje virreinal.⁴⁹

La casona de los Caldas y Tenorio, vetusta y colonial, al aire español, se ubicaba sobre la prestigiosa Calle de la Pamba a apenas dos cuadras de la histórica Plaza Mayor del casco antiguo de la ciudad y de la Catedral basílica de Nuestra Señora de la Asunción de Popayán. La casa – que fue el hogar permanente de Francisco José de Caldas desde su nacimiento hasta cuando, cumplidos los diecinueve años, partió como joven estudiante rumbo a Santafé para cursar sus estudios de jurisprudencia –, fue construida hacia la segunda mitad del siglo XVIII como residencia familiar para el matrimonio conformado por el Alférez de la Compañía de Forasteros, el peninsular don José de Caldas Rodríguez de Camba (1738-1809), y de doña María Vicenta Tenorio Arboleda (1745-1816), dama payanesa de rancia hidalguía.⁵⁰

El enlace matrimonial de los padres de Caldas había recibido el cabal beneplácito de la aristocracia payanesa y tuvo lugar el 27 de noviembre de 1762. El nuevo hogar – que con el tiempo fue bendecido con la llegada de quince hijos – se amoldaba a la moralidad austera de la villa y fue un ejemplo de respetabilidad y recato ya que, en cierta forma, representaba el ideal buscado en los matrimonios de la Provincia en aquellos años: un joven hidalgo español de veinticuatro años llegado hacia dos a las Américas y con un próspero porvenir como miembro de la milicia del virreinato (pues fue el Virrey en persona, gobernador y capitán general de Nueva Granada, Don Pedro Messía de la Cerda, el que tuvo a bien destinarle como Alférez en Popayán) ligado bajo la sacrosanta autoridad de la iglesia católica, apostólica y romana, a una de las jóvenes más gallardas y aristocráticas de la villa colonial. Y así, la estirpe familiar estaba ligada por la rama paterna a aristocracias de Galicia y por el lado materno las genealogías también procedían de España pero el arraigo en América era aún más antiguo pues se remontaba a ilustres hidalgos españoles afincados y empoderados en Popayán desde el siglo XVII; tales pues eran los blasones del primogénito Francisco José de Caldas y Tenorio para el momento de su nacimiento en 1768: “[...] *español puro, hijo de español y criolla pero con bisabuelo peninsular, blanco por cuatro costados, criollo apenas de una generación atrás, aunque arraigado en América por la línea materna.*”⁵¹

⁴⁹ “El padre de Caldas fue alcalde de Popayán; en su listado de antepasados encontramos gobernadores de la Provincia, Alféres Reales, Veedores de Cajas Reales, Capitanes a guerra y tenientes de gobernadores a granel. Los criollos eran fuertes en la parte económica: tenían las haciendas y eran los esclavistas y los negreros, los criollos, no los peninsulares; eran los criollos por lo tanto los agentes del sistema colonial, del colonialismo español.” ARIAS DE GREIFF, Jorge. *Francisco Josef de Caldas y Thenorio*. En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. Molinos Velázquez. Bogotá. 1994. pp. 11-21. p.19.

⁵⁰ “En el Nuevo Reino de Granada ninguna otra construcción distinta a las visibles iglesias y a las sedes de los Cabildos llegó a ser tan notoria como la casa colonial. Criolla, mestiza o indígena, la casa era el lugar donde las familias aseguraban un hogar, daban calor a sus días y conservaban un honor. En la tradición castellana medieval todo individuo debía pertenecer a una “casa y solar conocido”, entendiéndose por tal, que todo hombre o mujer, en la condición de noble o siervo, debía pertenecer a un lugar. Pero esta pertenencia a un lugar equivalía a participar de una familia, de una comunidad. Así mismo, esta declaración distinguía a los castellanos de los judíos, de los gitanos y de los conversos. Esta tradición se extendió al Nuevo Reino de Granada. Así, no era extraño que españoles recién llegados a una ciudad y acogidos por una familia confesaran pertenecer a la “casa” de esta familia. Casa y familia tuvieron entonces similar significado entre los sectores más hispanizados de la sociedad.” Véase: RODRÍGUEZ, Pablo. “Casa y orden cotidiano en el Nuevo Reino de Granada, s. XVIII.”, p.103.

⁵¹ DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Panamericana Editorial. Bogotá. 2012. Capítulo I. p.11.

Por lo demás, de este tipo de uniones bien avenidas y mejor vistas nacieron durante más de tres siglos los hidalgos del Nuevo Mundo como *criollos* distinguidos; hijos legítimos de dos sangres ilustres: de padres españoles con blasones y madres de buena y rancia cuna americana también descendientes puras y sin mezcla de abolengos europeos (y *criollos* fueron todos los que para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX soñaron y materializaron la independencia de la América española dando nacimiento a las nuevas repúblicas soberanas latinoamericanas).

El pequeño Francisco José creció así en una de las casas de más alcurnia de la villa de Popayán y siempre se mostró orgulloso de su linaje español y de su pertenencia a la aristocracia del Nuevo Reino de Granada: por ejemplo, y para ilustrar lo antedicho, en diciembre de 1801 - cuando Caldas contaba 33 años, y residía en Quito en calidad de abogado en ejercicio a razón de asuntos concernientes a trámites legales sobre haciendas y patrimonios familiares -, escribió al fiscal Francisco José de Iriarte:

*“Cuando a pesar de estas poderosas reflexiones se me considere sin derecho a ellos [se refiere, como profesional en jurisprudencia, a su derecho de poder hablar desde el estrado de los abogados en las audiencias adelantadas sobre sus procesos en curso], los tengo por descender de unos padres de la primera distinción que han derramado gloriosamente su sangre en las conquistas y pacificación de estos dominios, que han obtenido los empleos más distinguidos y hecho servicios señalados al Estado y a nuestros Augustos soberanos como lo acreditan los documentos que llevo presentados (...).”*⁵²

En aquellos tiempos en los que la bastardía era la peor lacra de nacimiento y la peor ofensa, la hidalguía era un requisito indispensable, desde la cuna y hasta la tumba, para que un individuo pudiese desempeñar un papel respetable y distinguido dentro del entramado social. Para el joven Francisco José, su probado abolengo le garantizó ser educado en el colegio más distinguido de Popayán y el privilegio posterior de poder acceder a una beca en uno de los pocos Colegios Mayores del Reino para titularse en leyes. Por lo demás, Caldas siempre sintió simpatía por su ascendencia peninsular (y gallega en particular) y nunca, ni siquiera en lo más candente de la lucha por la independencia contra la Corona Española, abjuró de sus genealogías y orígenes hispánicos.⁵³

De acuerdo a los hábitos y costumbres, los primeros años de la infancia del primogénito de los Caldas transcurrieron en el ambiente sosegado y estricto de la casa familiar en donde con seguridad, amén

⁵² CALDAS, Francisco José de. *Cartas de Caldas ilustradas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 2016. *Carta 51 de Diciembre 2 de 1801 dirigida al fiscal Francisco José de Iriarte*. p.138. [En lo sucesivo, todas las citas a las cartas de Caldas se remitirán a esta edición integral de su correspondencia personal y, por lo tanto - y para aligerar la citación -, tan solo se mencionará el número de la carta citada según esta edición, su fecha y destinatario y la página en donde se encuentra el extracto indicado].

⁵³ “El futuro naturalista granadino sentía cerca de sí su origen galaico y no estaba pesaroso de él. En repetidas ocasiones y cuando se permite alguna burla en sus cartas, firma ‘Gallego’; quizás un apodo familiar entre sus amigos. Aprecia su calidad de español y en su extensa correspondencia tan solo una vez - antes del 20 de julio de 1810 - se le ve usar la palabra chapetón con el sentido de escarnio que le daban los americanos.” DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo I. p.14.

de la disciplina y la autoridad parental, abundan los rezos y las restricciones propias del recto moralismo de la sociedad colonial con todos los pequeños sucesos de la vida cotidiana.⁵⁴

Desde su infancia, el joven Francisco José fue desarrollando un carácter taciturno muy dado a la melancolía y la introversión. Como él mismo lo anota muchas veces en sus cartas, fue un eterno buscador de soledad y de sosiego y siempre le acompañó la timidez, la inseguridad emocional, el arrebató afectivo y cierta sensibilidad exacerbada que le hizo sufrir crueles desengaños personales; pero también estos rasgos particulares fueron afortunados pues, como él mismo señala, propiciaron en su carácter el surgimiento de un amor profundo y monacal por el silencio del estudio, el gusto por la errancia y una marcada devoción por la contemplación de la naturaleza y sus misterios.

Esas pulsiones restrictivas perduraron en la vida adulta de Caldas y lo hicieron buscar casi compulsivamente el alejamiento y el refugio del estudio: primero, fue un joven viajero solitario que, acompañado tan sólo por los indispensables guías y arrieros, a lomo de mula recorrió inmensas distancias del virreinato subiendo y bajando montañas y adentrándose como nunca antes lo había hecho ningún otro apasionado de las ciencias en las profundidades de la selva americana o en las alturas de los páramos andinos y después, se entregó durante años al estudio autodidacta y solitario de las ciencias físicas y naturales. Siempre distante, sumido entre libros, elaborando complejas observaciones naturales, navegando en el reino de las ciencias... él mismo fue muy consciente de su personalidad retraída y poco dada al tan necesario juego social de la simpatía y el don de gentes.

Dentro del tesoro documental que constituye su extensa correspondencia personal – que se extiende desde 1788 hasta 1816 – es frecuente encontrar ciertos filones de intimidad que nos hacen forjarnos una idea muy humana de los recuerdos, alegrías, anhelos y frustraciones del joven Francisco José de Caldas. En algún momento, en carta fechada en Quito en Abril de 1802 y dirigida a su protector y patrocinador científico don José Celestino Mutis y Bosio (1732-1808)⁵⁵ - que moraba en Santafé –, se lamentaba amargamente de ciertas desavenencias de carácter surgidas en su trato personal con el Barón Alexander Von Humboldt (1769-1859)⁵⁶ y, recordando los años de su infancia, escribió:

“Como yo he frecuentado la casa de ese sabio [Humboldt], como hemos vivido un mes juntos en una bella hacienda, hemos tenido ocasiones repetidas de que él conozca mi diverso modo de pensar en materia de placeres. Cuando se habla de ellos yo no podía sino mostrar en mi semblante mi disgusto y en cierto modo mi indignación. La Providencia me dio unos padres celosos de la pureza de sus hijos, éstos a fuerza de desvelos enfocaron mis pasiones, y puedo decir que me oprimieron. A los diez y nueve años me mandaron a esa capital [Santafé] a continuar mis estudios; cuidaron de darme unos que hicieran sus veces en Santafé que nos les cedían en celo; entré en otra feliz opresión. Mis años se aumentaban y yo contraía un hábito

⁵⁴ Para conocer sobre los usos y costumbres hogareños en la época colonial y sobre la organización cotidiana de los tiempos, los espacios y los rituales familiares, véase el ya citado trabajo: RODRÍGUEZ, Pablo. *“Casa y orden cotidiano en el Nuevo Reino de Granada, s. XVIII.”*.

⁵⁵ Para una semblanza biográfica de José Celestino Mutis, véase la sección 3.2.

⁵⁶ En relación a Humboldt y su gran influencia en la vida y obra de Caldas, véase la sección 6.1.

de retiro y cierto gusto a la pureza; la religión contempló esta obra. Violento hago a usted esta relación de conducta, pero hablo a mi padre, a quien debo hablar con sencillez y franqueza.

A usted debo la comparación de nuestros caracteres y las más ocasiones de diferencias. El señor Barón me juzga severo, inflexible, triste.”⁵⁷

Severo, inflexible, triste... y muy significativas y reveladoras de la psicología de Caldas las otras palabras y expresiones usadas en la misiva: *pureza, opresión, hábito de retiro, gusto a la pureza, religión*. Sin duda, la rígida sociedad colonial moldeó al joven Caldas, desde la cuna, a su imagen y semejanza.⁵⁸

1.3 - Las primeras letras y el despertar de la atracción por la ciencia.

Transcurrieron los años de la infancia para el pequeño Francisco José de Caldas en la sólida casona familiar dentro del ambiente de recogimiento y formalidad tan del gusto del momento y, desde muy pronto, el niño tímido e inteligente fue perfilando los rasgos de su carácter peculiar; al respecto, uno de sus primeros biógrafos escribió: *“De niño fue muy enfermizo. No conocemos el nombre de la dolencia, pero a juzgar por sus cartas, sabemos que vivía propenso a una serie de males que las gentes inculpaban a los vientos fríos y al sereno. Era un niño tímido demasiado caviloso.”⁵⁹*

Todas las fuentes documentales de la época que permiten trazar un esbozo psicológico del joven Francisco José de Caldas (comenzando por su extensa y pormenorizada correspondencia personal) apuntan siempre a un carácter peculiar, muy sensible e introvertido, que muy probablemente lo definió desde su primera infancia como alguien muy necesitado de retiro e intimidad. Con el tiempo, el propio Caldas terminó convirtiendo sus estudios e investigaciones en el refugio ideal para su exacerbada sensibilidad y melancolía cultivando así, durante años, la soledad del estudioso absorto en los temas de la ciencia que trascienden más allá de las vicisitudes, venturosas o aciagas, de la vida real.

Por lo demás, dichos sentimientos de infortunio, retiro, soledad y consagración de la vida a ideales etéreos que Caldas dejaba traslucir muchas veces en sus cartas caracterizaban muy bien el espíritu romántico de aquellos tiempos y aparecen reflejados profusamente en muchos apartes de su correspondencia en los que abordaba situaciones de carácter emocional. Siempre que sus cartas abordaban tópicos como los sentimientos de amistad hacia los entrañables amigos de infancia o cuando se comunicaba con su futura esposa o cuando, lleno de amargura y frustración, dejó constancia escrita de sus decepciones en relación a su amistad con el barón Alexander von Humboldt, su lenguaje se volvía almibarado y algo teatral. Sirva como ejemplo la misiva que envió a Mutis desde

⁵⁷ Carta 65 de Abril 21 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.181.

⁵⁸ Como estudio sobre los imaginarios culturales relativos al afecto, el amor, el matrimonio, la vida conyugal y la vida afectiva en general durante el período comprendido entre los siglos XVIII y XIX, véase: DUEÑAS, Guiomar. *Of Love and Other Passions. Elites, Politics, and Family in Bogotá, Colombia, 1778-1870*. University of New Mexico Press. 2015. En particular, el estudio hace un análisis sociológico del noviazgo y matrimonio de Caldas y María Manuela a través de su correspondencia personal en el Capítulo II: *The Virtuous Marriage*, pp.29-48.

⁵⁹ PAREDES, Jaime. *Caldas*. p.27.

Quito el 6 de Abril de 1802 cuando, refiriéndose a Humboldt y comparando sus diferencias de carácter, escribió sobre su propio modo de ser:

“Yo hablo con el hombre prudente y reservado que ocultará eternamente lo que voy a escribir. El carácter de Humboldt y el de Caldas son muy diferentes. El primero tiene una viveza que ya toca en inquietud, locuaz, amante de la diversión y de la sociedad; el segundo, con su fondo de actividad, conserva un cierto grado de lentitud en sus operaciones, taciturno, de una vida un poco austera, y amante del retiro, su semblante frecuentemente tranquilo; rara vez risueño, no salta, no corre, no lucha.”⁶⁰

La profundidad de sus sentimientos y pasiones y el dramatismo con el que siempre describió sus vivencias y relaciones afectivas o académicas tenían sus raíces con toda seguridad en su carácter particular de niño tímido y solitario, más aficionado a libros que a travesuras, pero también puede entenderse su vida adulta como una continuación natural del ambiente familiar en el que nació y creció y del tipo de educación religiosa y formal que recibió como parte de su herencia aristocrática.

En una ciudad tan recatada y tradicional como Popayán, el rutinario calendario de los meses y años apenas se veía perturbado por las celebraciones religiosas de rigor como Cuaresma, Semana Santa o Navidad - conmemoraciones siempre solemnes y pomposas -, y la vida cotidiana transcurría dentro de los ritmos propios de los quehaceres habituales; los niños compaginarían la vida familiar austera y adulta del hogar con el tiempo del juego y la correría y encontrarían solaz y alegría en los juegos infantiles en compañía de los numerosos primos y amigos que siempre abundaban y en las aventuras silvestres al vivir en un entorno natural tan desbordante de belleza y exuberancia.⁶¹

De puertas para adentro, en las casonas coloniales, el ritmo de los días transcurría para los niños y mayores bajo una estricta y monótona rutina familiar inalterada en la que primaba la austeridad y en donde los rituales principales del orar y del comer se sucedían dentro de una grave solemnidad enmarcada por los hábitos e imposiciones de la religión. Incluso la estética de los espacios se caracterizaba por recrear artísticamente episodios significativos de la cristiandad y la presencia de íconos e imágenes religiosas era un permanente recordatorio de los valores espirituales que debían regir la vida. Así, los niños crecían inmersos en un entorno profundamente devoto que los moldeaba, desde la cuna, para perpetuar los códigos morales de la sociedad colonial. En el caso de Caldas, esta

⁶⁰ Carta 64 de Abril 6 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.178.

⁶¹ Como aproximaciones literarias que nos permiten formarnos una idea de lo que pudo ser la vida y el ambiente de Popayán y sus alrededores y del Virreinato de la Nueva Granada durante los siglos XVIII y XIX, remitimos al lector interesado a estas obras: PAZ, Víctor. *El demente exquisito. La vida estafalaria de Tomás Cipriano de Mosquera*. Villegas Editores. Bogotá. 2004. PAZ, Víctor. *El Edipo de sangre o la vida tormentosa de José María Obando*. Villegas Editores. Bogotá. 2005. Y, como clásicos de la literatura colombiana de la época y del entorno en cuestión: ISAACS, Jorge. *María*. Imprenta de Medardo Rivas. Bogotá. 1878. PALACIOS, Eustaquio. *El Alférez Real*. Círculo de lectores. Bogotá. 1985. CARRASQUILLA, Tomás. *La marquesa de Yolombó: novela del tiempo de la colonia*. Editorial Bedout. Medellín. 1982.

religiosidad inculcada desde la más tierna infancia añadió a su carácter tímido e introvertido un cierto matiz puritano que no lo abandonó jamás.⁶²

En cuanto a la primera educación del joven Francisco José en casa de sus padres, es muy poco lo que se puede conjeturar antes de contar con sus testimonios directos en los que da buena cuenta (y nefastas referencias) de la educación institucional que recibió siendo niño en su natal Popayán y posteriormente en la ciudad de Santafé. No sabemos a qué edad aprendió a leer ni tampoco a los cuántos años ingresó al colegio en el que cursó sus estudios básicos antes de acceder a los estudios de derecho en Santafé. Poco podemos saber también, lastimosamente, de cuáles fueron sus primeros textos de recreo, los libros de afición de la infancia - que siempre resultan determinantes en la vida de todo buen lector - o a qué tipo de lecturas pudo acceder siendo niño aún.⁶³

Tras los años de la primera crianza en el ámbito hogareño bajo el cuidado de la madre y las criadas (posiblemente esclavas) de la casa familiar, para todo niño acaudalado del virreinato de la Nueva Granada en el siglo XVIII, la costumbre dictaba el tránsito obligado hacia una recatada educación cristiana en algún colegio de alcurnia regentado forzosamente por religiosos en donde primaban la severidad y la disciplina y métodos que, incluso para la época, ya se veían como obsoletos e inútiles.

Resulta muy ilustrativo el relato de un joven distinguido de la sociedad payanesa colonial - perteneciente a una familia ligada a la de Caldas por jerarquías, orígenes y aristocracias (como lo estaban todas las pertenecientes a la élite payanesa) - quien, recordando los días de la infancia y su educación (en el mismo Colegio en el que años antes había estudiado Caldas), escribió:

“Nací en la ciudad de Popayán, capital de la provincia de este nombre, el 18 de febrero de 1798. Mis ascendientes pertenecían a las primeras familias de la antigua nobleza: mi padre era oficial real de la Santa Cruzada. [...] Mi familia no era rica, pero poseía una fortuna suficiente para vivir con decencia y desahogo. Mis padres y abuelos eran muy caritativos y generosos, y amaban mucho a sus parientes.

Mi educación primaria fue la misma que en aquellos tiempos se daba a los niños: ella consistía en aprender la doctrina cristiana, a leer y escribir. Los principios de aritmética y algunos rudimentos de historia. [...] Los directores de establecimientos de educación eran crueles e injustos en aquel tiempo, y no se reputaban buenos cuando no eran extraordinariamente severos en sus castigos. Baste decir, que por la más pequeña falta de algún alumno, se imponía una pena general a toda la clase; y esas penas no consistían en estímulos nobles y decentes que exaltarán los sentimientos de sus discípulos sino en

⁶²“El orden cotidiano del hogar era regulado por dos actividades: orar y comer. Alimento espiritual el uno, alimento corporal el otro. Antes del amanecer y hacia las seis de la mañana, la familia se reunía a rezar. Daba gracias por el nuevo día y encomendaba las tareas a realizar. Los alimentos del día, el almuerzo y la comida, se agradecían con una oración. En la noche, la familia se reunía de nuevo para rezar el rosario. Las horas de oración eran tan cumplidas, que constituían la referencia de horas de la comunidad. No se decía “al despuntar el alba” o “como a las siete de la mañana” sino “después de la primera oración.” RODRÍGUEZ, Pablo. “Casa y orden cotidiano en el Nuevo Reino de Granada, s. XVIII.”. p.119.

⁶³ “¿Quién le enseñó las primeras letras? Ninguno de sus biógrafos lo dice de manera clara. Pero en aquellos tiempos, las propias madres se encargaban de educar a sus hijos, enseñándoles, cuando menos, la escritura, las cuatro operaciones elementales de la aritmética, geografía y un poco de gramática.” PAREDES, Jaime. Caldas. p.28.

golpes furibundos de férula y látigo, en largas penitencias, hincados de rodillas y en otros tormentos de la laya.

Recuerdo, con este motivo, que estando yo aprendiendo a leer y escribir donde un señor Joaquín Basto, que era el preceptor, en unión de otros muchos niños, entre los cuales se encontraban Tomás, Manuel María y Manuel José Mosquera, que hoy son el primero general de la república, el segundo ministro plenipotenciario de la Nueva Granada y el tercero arzobispo de Santafé de Bogotá, se impuso al último un castigo de los acostumbrados, y porque éste se quejaba del dolor que había experimentado, se le obligó a tomar una taza de orines, diz que para aplacarle la soberbia, en cuya escena figuraban no sólo el maestro Basto, sino su mujer e hijos, que estaban igualmente autorizados para infligir penas a los alumnos.”⁶⁴

Así, la instrucción académica se reducía a la enseñanza de las técnicas lingüísticas básicas del leer con alguna fluidez y del escribir con cierto decoro y buena letra; después venía la práctica de las destrezas matemáticas elementales para que en el futuro los alumnos se bastasen para realizar las cuentas necesarias de la vida cotidiana, el hogar y los negocios; para terminar, se completaría el guisado escolar con algunos datos generales de la historia profana y sagrada y algunos rudimentos de geografía. Como la institución a la que ingresó Caldas pertenecía y era regida por religiosos, se invertiría mucho tiempo en la enseñanza y el adoctrinamiento religioso de los estudiantes y no faltaría el aprendizaje y repetición de ciertos aforismos y apartes latinos clásicos que permitiesen tener un conocimiento básico del latín y comprender las frases litúrgicas de las misas y demás eventos eclesiásticos.⁶⁵

Más allá de los avatares y penurias de la vida cotidiana de la sociedad colonial, y de los profundos sinsabores que dejó en Caldas la educación académica que recibió como colegial y luego como estudiante de jurisprudencia, lo cierto es que la vida intelectual del joven Francisco José comenzó con su ingreso formal al tradicional Colegio Seminario de San Francisco de Asís que era el único que, en aquellos años, acogía a los vástagos distinguidos de las familias payaneses principales.

Aparte de su correspondencia personal, la principal fuente para conocer los pormenores de la vida de Francisco José de Caldas la constituye la *Memoria histórica sobre la vida, carácter, trabajos científicos y literarios, y servicios patrióticos de Francisco José de Caldas* escrita en 1852 por su discípulo y primer

⁶⁴ LÓPEZ, José Hilario. *Memorias*. Editorial Bedout. Medellín, 1969. Capítulo I. pp.17-8. **José Hilario López Valdés** (1798-1869) fue un importante militar y político payanés que llegó a ser el sexto presidente de la República de la Nueva Granada (actual República de Colombia) entre 1849 y 1853. Al igual que Francisco José de Caldas, fue discípulo del maestro José Félix de Restrepo en el Colegio Seminario de San Francisco de Asís. Su gobierno se caracterizó por importantes reformas políticas y sociales tales como la abolición de la esclavitud y la liberación de los esclavos en 1851, la promulgación de la libertad de prensa y el establecimiento de la separación entre la Iglesia y el Estado.

⁶⁵ Como estudios muy completos en relación a la historia de la educación y de las prácticas pedagógicas en Colombia durante el período colonial, véase: MARTÍNEZ, Alberto. "El maestro y la Instrucción Pública en el Nuevo Reino de Granada. 1767-1809", en: *Dos estudios sobre educación en la Colonia*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. 1984. MARTÍNEZ, Alberto. *Escuela, maestro y educación en Colombia. 1750-1820*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. 1986. MARTÍNEZ, Alberto. CASTRO, Orlando. NOGUERA, Carlos. *Maestro, escuela y vida cotidiana en Santafé colonial*. Sociedad Colombiana de Pedagogía. Bogotá. 1999.

biógrafo Lino de Pombo O'Donnell;⁶⁶ en este escrito, se describe así el primer encuentro que el joven Caldas tuvo con las ciencias físicas y naturales y la subsiguiente fascinación por el estudio que ya nunca lo abandonó:

“Hizo sus primeros estudios de latinidad y filosofía en el Colegio Seminario de la misma ciudad; y uno de sus catedráticos, el doctor Félix Restrepo, hombre de instrucción y talento, advirtiéndole en él afición y disposiciones admirables para el estudio de las matemáticas, supo estimularlo y dirigirlo de tal modo que, no sólo aprendió Caldas en pocos días los diminutos principios matemáticos contenidos en los escasos y anticuados libros que en aquella época se encontraban en el país, como Euclides, Wolfio y el Padre Tosca, sino que, por los esfuerzos de su genio y de su perseverancia, dejó muy pronto atrás sus textos de lección y a su respetable maestro. Tan grande era el entusiasmo del joven estudiante por la ciencia de sus simpatías, que trasnochaba de ordinario cultivándola, y solía la aurora sorprenderle olvidado de sí sobre sus problemas. Advertidos sus padres de estas frecuentes vigiliadas, se las prohibieron, y aún le privaba de la luz su madre a la hora regular de acostarse, para que durmiera; pero él dábale arbitrios para eludir su tierna vigilancia, fingiéndose dormido, y tarde de la noche se procuraba vela encendida para continuar sus tareas.”⁶⁷

1.4 – El primer maestro: José Félix de Restrepo.

El establecimiento escolar en el que Caldas cursó sus primeros años académicos, el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís, había sido fundado en 1640 bajo la supervisión de la Compañía de Jesús. Debido a que en el año de 1767 el monarca español Carlos III desterró a la Orden Jesuita de sus dominios confiscando haciendas y pertenencias, el plantel había sido clausurado durante diez años y, luego de ser reabierto bajo el control de los padres dominicos, había entrado en decadencia hasta que el vigésimo obispo de la diócesis de Popayán, Jerónimo Antonio de Obregón (quien ocupó el cargo entre 1759 y 1785), tomó cartas en el asunto y decidió reestructurar la institución para beneficio de la ciudad. Anhelando el señor obispo una renovación en el estilo de la enseñanza y en los contenidos impartidos a los alumnos, promovió en 1782 el traslado a Popayán de un joven

⁶⁶ Esta memoria biográfica constituye, cronológicamente, la primera fuente de datos biográficos sobre Francisco José de Caldas y fue publicada originalmente en el semanario bogotano *La Siesta* el 10 de octubre de 1852. Su autor es el distinguido diplomático, ingeniero, académico, político, militar y escritor cartagenero **Lino de Pombo O'Donnell** (1797-1862) quien fue alumno de Caldas en la cátedra de matemáticas en la Universidad del Rosario de Santafé de Bogotá entre 1806 y 1810 y también se desempeñó como su asistente y ayudante personal en el Observatorio Astronómico de la ciudad y, años después y desempeñándose como funcionario del gobierno, resultó un personaje clave para lograr la implementación del sistema métrico decimal en el contexto republicano. Sobre su vida y obra, véase: MIER, José. *El ingeniero Don Lino de Pombo O'Donnell*. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. 2003. DÍAZ, Santiago. VALENCIA, Luis. *Confidencias de un estadista. Epistolario de Lino de Pombo con su hermano Cenón. 1834-1877*. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2010. Y, como reseña biográfica literaria, véase: ESPINOSA, Germán. *Lino de Pombo. El sabio de las siete esferas*. Colciencias. Panamericana Editorial. Bogotá. 1998.

⁶⁷ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. Suplemento de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Librería Voluntad. Bogotá. 1958. I. p.11.

académico y profesor antioqueño llamado José Félix de Restrepo⁶⁸ a quien asignó el diseño y desarrollo de algunos cursos de la sección de Filosofía y, posteriormente, en el área de Derecho.

De acuerdo a la tradición, hasta ese momento el currículo escolar del colegio se concentraba en las enseñanzas acostumbradas: además de aprender a leer y a escribir y a hacer las cuatro operaciones básicas de la aritmética en los primeros años, los contenidos y materias se limitaban a un recorrido somero por algunos de los tópicos fundacionales de la civilización cristiana y a una aproximación superficial a las ciencias.⁶⁹

Dada la rigidez del sistema educativo, Caldas desde su juventud se mostró muy frustrado en relación a la educación que recibió y no escatimó críticas ni reproches mordaces en relación, según él, a lo obsoleto de la enseñanza, la vaciedad etérea de los contenidos y la inutilidad final de todo lo tan malamente aprendido; sin embargo, guardó un recuerdo agradecido de su profesor José Félix de Restrepo que, con su visión renovadora de la enseñanza, despertó en él la pasión por los estudios científicos:

“Mi primera educación fue adocenada: a los diez y seis años de edad vi unas figuras de geometría y unos globos, y sentí una vehemente inclinación hacia estas cosas. Por fortuna me tocó un catedrático ilustrado, que detestaba esa jerga escolástica que ha corrompido los más bellos entendimientos; me apliqué bajo su dirección al estudio de la aritmética, geometría, trigonometría, álgebra y física experimental, porque nuestro curso de filosofía fue verdaderamente un curso de física y de matemáticas.”⁷⁰

⁶⁸ **José Félix de Restrepo** (1760-1832) nació en la ciudad de Envigado, Provincia de Antioquia, y, a partir de 1773, viajó a Santafé a estudiar en el Real Colegio de San Bartolomé (el más antiguo y renombrado del virreinato); realizó los estudios establecidos en lógica y filosofía, matemáticas, ciencias físicas y naturales, derecho canónico y civil hasta recibir los títulos de Bachiller en Filosofía y Letras, Licenciado en Leyes y Doctor en Derecho Civil (otorgado por la Universidad de Santo Tomás). A los dieciocho años pasó a ser profesor en el mismo colegio de San Bartolomé impartiendo asignaturas de Filosofía, Ética, Lógica, Aritmética, Geometría, Geografía, Álgebra y Metafísica. A partir de 1782 se trasladó a Popayán desempeñándose como profesor de la Cátedra de Filosofía en el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís hasta 1811. Llegó a ser muy querido dentro del ámbito de la sociedad payanesa y contrajo matrimonio con una joven perteneciente a la aristocracia de la ciudad con la que formó una familia reconocida; ganó el reconocimiento y la admiración de toda una generación de jóvenes payaneses que, como Francisco José de Caldas, fueron sus alumnos y hallaron en él un maestro de avanzada que los introdujo en los caminos del pensamiento ilustrado y de la ciencia moderna. Como semblanza general sobre su vida y obra, véase: HERRERA, Daniel. “José Félix de Restrepo, filósofo ilustrado”. En: *Ideas y Valores*. Volumen 40. Número 85-86. 1991. pp.19-36. OCAMPO, Javier. “El maestro José Félix de Restrepo, el educador de la generación de independencia de Colombia”, en: *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*. Vol. 14. 2010. pp.9-60.

⁶⁹ “El Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís era por la época de la niñez y de la juventud de Caldas el único establecimiento de enseñanza en Popayán y a él por fuerza debían acudir todos los niños y muchachos anhelosos de instrucción. Los estudios que allí se hacían recibían la denominación de Literatura y Filosofía, e incluían temas relativos a la gramática castellana, la ética, la lógica según el sistema peripatético de la filosofía aristotélica, la retórica, la aritmética, el álgebra, la geometría, el latín y elementos de física y de química. El proceso pedagógico poco había variado en comparación con la pedagogía clásica que tenía sus raíces en la universidad medieval.” DÍAZ, Santiago. Capítulo I. p.22.

⁷⁰ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. pp.113-4.

Por su parte, el maestro José Félix de Restrepo, llamado, sin saberlo, a ser determinante en el destino del que llegaría a ser su discípulo más ilustre y un digno ejemplo de lo que él soñó para la juventud colonial, hizo su aparición en el entorno de Popayán con el convencimiento y el ánimo de reformar diametralmente la educación colonial. Imbuido en la fiebre ilustrada, sus cursos pronto significaron el paso de la anticuada filosofía peripatética y escolástica - anclada en el silogismo y sus vericuetos abstractos - a la enseñanza empírica de las ciencias experimentales a través de una pedagogía moderna en la que se incentivaba al estudiante a asumir una actitud crítica y racional.⁷¹

Como precursor de un nuevo tipo de educación y, sobre todo, de una nueva manera de observar la naturaleza y de comprender los fenómenos, José Félix de Restrepo procedió a modificar los contenidos de las asignaturas y también a transformar la metodología de la enseñanza ya no apelando al castigo y la represión sino recurriendo a la persuasión, el diálogo y la disertación abiertas con los estudiantes y a la seducción que las nuevas ciencias despertaban en los espíritus jóvenes al verse por primera vez en las aulas, como Caldas señala, figuras didácticas, maquetas e instrumentos científicos.



Retrato del erudito y académico antioqueño José Félix de Restrepo (1760-1832).⁷²

⁷¹ En cuanto a la faceta pedagógica de José Félix de Restrepo y su influencia sobre Caldas, véase: HERRERA, Daniel. "José Félix de Restrepo, maestro de Caldas.". En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 - 1816.* pp.23-33. Y: HERRERA, Daniel. *El pensamiento filosófico de José Félix de Restrepo.* Biblioteca Colombiana de Filosofía. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 2006.

⁷² Grabado publicado en el periódico santafereño *Papel Periódico Ilustrado* el 15 de enero de 1884 (número 57, Año III, página 133). Imagen tomada de: <https://studylib.es/doc/5975348/n%C3%BAmero-57> [Consultado en Julio 10 de 2019]

En cuanto a contenidos, el joven maestro asumió las asignaturas tradicionales y enseñó filosofía aristotélica, ética, lógica, aritmética, geometría, trigonometría, geografía, álgebra y metafísica y, en lo referente a textos guía de enseñanza, no dudó en abandonar los farragosos y anticuados manuales todavía en uso como el tratado escolástico, de filiación aristotélica y tomista, escrito por el sacerdote dominico, filósofo y teólogo francés Antoine Goudin (1639-1695) titulado *Philosophia thomistica, juxta inconcussa tutissimaque Divi Thomae dogmata, logicam, physicam, moralem et metaphisycam* (publicado originalmente en Milán, en cuatro volúmenes, en el año de 1675 y que tuvo una gran difusión y acogida en Francia y en España entre los siglos XVII y XVIII como texto guía para el aprendizaje de filosofía, lógica, física moral y metafísica). A cambio, el maestro Restrepo implementó un nuevo estilo pedagógico en el que se evitaba, como dictaba la norma, la memorización abstrusa y estéril de los contenidos vistos y se incentivaba el diálogo activo con los estudiantes haciendo preguntas y ensayando respuestas plausibles para, tras debatir y sopesar argumentos, demostrar la solidez de la tesis verdadera; a su vez, animaba a los estudiantes a expresar su punto de vista abiertamente sin obligarlos a aceptar dogmáticamente ideas prefabricadas que no se comprendiesen con claridad.

Uno de sus alumnos - que luego llegó a ser presidente de la república - escribió:

“Lo que en aquel tiempo se llamaba ‘un curso de filosofía’ que duraba tres años, se reducía al estudio de la dialéctica, de la metafísica y de la ética aristotélicas, que se hacía en latín por el método peripatético. Las matemáticas, las ciencias físicas y naturales, la geografía, la historia, la literatura no eran materia de enseñanza en ese curso ni en ningún otro. Nada era más común entonces que ver un bachiller en filosofía, aventajado dialéctico, que no sabía hacer una suma de números enteros.

El primer curso de filosofía dado en el Nuevo Reino de Granada, en el cual se pasó del viejo sistema peripatético a la enseñanza de las ciencias positivas por los métodos modernos, fue seguramente el primero que dio en Popayán el Dr. Restrepo.

Esto no habría podido hacerse en otra ciudad del Virreinato, porque los doctores aristotélicos no lo habrían consentido; pero en Popayán había cierto número de sujetos ricos y respetables, que llevaban la voz en la sociedad, los cuales se habían procurado algunos libros y la iniciación en las ciencias, que deseaban ver difundidas en el país: con su apoyo fue como el Sr. Restrepo pudo abandonar el viejo sistema y enseñar lo que con tanto anhelo había procurado aprender.”⁷³

Además de su talento pedagógico, el maestro Restrepo también ganó el respeto y afecto de sus alumnos al usar un trato personal alejado de la tiranía y el maltrato:

⁷³ OSPINA, Mariano. *Biografía del Dr. José Félix de Restrepo*. Imprenta de ‘La Libertad’. Medellín. 1888. pp.21-22. El autor de esta biografía fue **Mariano Ospina Rodríguez** (1805-1885) quien, discípulo de Restrepo en su juventud, llegó a ser presidente de la ahora llamada Confederación Granadina en el período comprendido entre 1857 y 1861.

“El Sr. Restrepo trataba en la clase a todos sus discípulos con afectuosa y delicada cortesía, como si fueran hombres ya formados y cultos, y de esta manera los inducía a portarse como tales, sin que ellos cayeran en la cuenta. No se oyeron nunca en su clase regaños o reconvenciones acres ni se vieron castigos duros de otro género.”⁷⁴

Gracias a la novedosa orientación educativa de José Félix de Restrepo, el Real Colegio Seminario pasó a convertirse en un importante foco de irradiación de las ideas ilustradas en el territorio del Nuevo Reino de Granada que terminaron generando importantes transformaciones en el entramado social del virreinato pues muchos de los alumnos que recibieron las enseñanzas del maestro progresista, jóvenes aristócratas criollos vástagos de prestigiosas familias, se convirtieron en ideólogos y precursores de la revolución independentista que puso punto final a más de tres siglos de régimen colonial bajo el dominio español.⁷⁵

Los cambios introducidos por el maestro Restrepo tuvieron gran acogida en sus entusiastas discípulos y las nuevas enseñanzas y metodologías siguieron su curso fructificando en el desarrollo de nuevos temas de física y filosofía en los que se abordaba a autores como Descartes, Gassendi, Galileo, Leibniz y Newton.

Mientras tanto, el joven Caldas había ido creciendo bajo la égida del maestro Restrepo y cada vez se mostraba más interesado en el estudio de las ciencias: para el 4 de junio de 1786, lo encontramos sustentando satisfactoriamente su tesis sobre ciencias naturales ocupándose de plantear, explicar y desarrollar una elaborada disertación oral sobre la naturaleza de la luz y varios fenómenos físicos ligados a la óptica y la visión seguida por una disquisición metafísica ‘sobre la naturaleza del alma de las bestias’.⁷⁶

Pronto el joven Caldas superó su etapa escolar y dejó atrás a su maestro Restrepo gracias a cuya enseñanza había descubierto su verdadera vocación de naturalista y estudioso de las ciencias. No queda registro alguno de testimonios personales ni de correspondencia que permita afirmar que los vínculos forjados en Popayán entre ambos personajes perduraron más allá de la etapa escolar de Caldas.

En 1812, tras la declaración de independencia de la Corona Española, el maestro José Félix abandonó Popayán - tras treinta años de trabajo ininterrumpido - y emigró a su natal Provincia de Antioquia en donde continuó su labor educativa y también desempeñó diversos cargos políticos (Diputado,

⁷⁴ OSPINA, Mariano. *Biografía del Dr. José Félix de Restrepo*. p.22.

⁷⁵ Al repasar los nombres de los que fueron sus discípulos, resulta innegable la gran repercusión que tuvo la enseñanza ilustrada de José Félix de Restrepo en el momento de consolidarse el estado nación republicano tras la obtención de la independencia de España pues varios de sus discípulos llegaron a ser personajes determinantes ya fuese como mártires de la lucha por la independencia (tal es el caso de Francisco José de Caldas y de su primo - y gran ideólogo de la independencia - Camilo Torres Tenorio (1766-1816)) o, durante el período republicano, como presidentes de la nueva nación independiente en el caso de Tomás Cipriano de Mosquera (1798-1878), José María Obando (1795-1861), José Hilario López (1798-1869) y Mariano Ospina Rodríguez (1805-1885).

⁷⁶ En cuanto a los tópicos específicos desarrollados por Caldas en aquella ocasión, véase: HERRERA, Daniel. *José Félix de Restrepo, maestro de Caldas*. p.33.

Consejero de Estado, Ministro) en las nacientes corporaciones legislativas del nuevo orden nacional republicano. Como corolario a toda una vida de estudio y enseñanza, se consagró también a la escritura y dio a la luz varios tratados entre los que se cuentan *Lecciones de Lógica* (1823), *Lecciones de Metafísica* (1822), *Lecciones de Física* (1825) y escritos y documentos diversos entre los que es posible encontrar un *Reglamento para las escuelas de la Provincia de Antioquia* (1819) y un *Proyecto de ley para la manumisión de los esclavos* (1813).⁷⁷ Consagrado por el aprecio, el respeto y la admiración de varias generaciones, el maestro José Félix de Restrepo murió el 23 de Septiembre de 1832 en la ciudad de Santafé a la edad de 72 años.

Por su parte, en 1788 el joven Francisco José de Caldas partió, siguiendo los designios familiares, a la ciudad de Santafé para adelantar estudios de jurisprudencia.

⁷⁷ Como fuente primaria, véase: RESTREPO, José Félix de. *Obras completas*. Biblioteca colombiana de Filosofía. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 2002.

Capítulo 2.

Estudiante en Santafé.

“Nuestros estudios de filosofía se han reducido a una jerga metafísica por los autores más oscuros y despreciables que se conocen. De aquí nuestra vergonzosa ignorancia en las ricas preciosidades que nos rodean, y en su aplicación a los usos más comunes de la vida.”

Memorial de agravios. Camilo Torres Tenorio.⁷⁸

2.1 - La vida intelectual en el Nuevo Reino de Granada para finales del siglo XVIII.

Los años transcurridos como estudiante en el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís, que terminaron con su graduación en 1786, sirvieron para que el joven Francisco José de Caldas definiera su vocación científica. No obstante el apasionamiento y el talento que mostró como alumno de José Félix de Restrepo en lo relativo a las ciencias físicas y naturales, por tradición y designio paterno, se decidió que el joven primogénito de los Caldas Tenorio siguiera el camino de las leyes cursando la reconocida carrera de jurisprudencia en la ciudad de Santafé. En el escenario familiar y social, cualquier tipo de inclinación o posible dedicación a las ciencias no pasaba de ser un embeleso juvenil que no tenía ninguna proyección ni aceptación como opción profesional.

Recordando aquel momento de su juventud en el que partió para Santafé para cursar la carrera de jurisprudencia en el tradicional Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, escribió Caldas años después:

“Los que disponían de mis estudios y de mi persona me remitieron a esa capital [Santafé], me encerraron en uno de esos colegios en que no se veía otra cosa que desatinos de materia prima, me pusieron a Vinio en las manos; pero yo no había nacido para jurisconsulto. A pesar de los castigos, reconvenciones y

⁷⁸ Así describió la educación académica colonial **Camilo Torres Tenorio** (1766-1816), quien fue primo hermano de Francisco José de Caldas y un reconocido jurista, intelectual y político payanés (realizó los mismos estudios que Caldas en Real Colegio Seminario San Francisco de Asís de Popayán y posteriormente en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en Santafé); es recordado como uno de los grandes próceres y precursores del proceso independentista. El *Memorial de agravios* de su autoría, redactado en 1809, fue un documento destinado a la Junta Suprema Central de España (nunca llegó a su destino) en el que se anotaban las injusticias a las que estaban sometidos los criollos bajo el régimen colonial en relación a los privilegios de los peninsulares. Atrapado por las tropas realistas comandadas por el Capitán General Pablo Morillo que sofocaron el movimiento independentista del 20 de julio de 1810, fue fusilado en Santafé el 5 de octubre de 1816 (su primo Francisco José de Caldas corrió la misma suerte veinticuatro días más tarde, el 29 de octubre). Tras la ejecución, su cadáver fue descuartizado y esparcido por las entradas de la ciudad como escarmiento y su cabeza, cuyo rostro había sido desfigurado por los impactos de las balas, fue expuesta en una jaula de hierro como escarnio público y para aterrorizar a la población; tras esta exhibición, los restos no fueron conservados y desaparecieron. Sobre su vida y obra, véase: FORERO, Manuel. *Camilo Torres*. Biblioteca de Autores Colombianos. Editorial ABC. Bogotá. 1952.

ejemplos, yo no pude tomar gusto a las letras y a Justiniano, y perdí los tres años más preciosos de mi vida."⁷⁹

Para 1788, en el momento de partir hacia Santafé, el joven Caldas era ya muy consciente de su interés por el estudio de las ciencias pero poco más se podría decir pues se trataba, en todo caso, del entusiasmo juvenil de un muchacho talentoso e inteligente deslumbrado por lo que había aprendido en sus cursos de filosofía en lo relativo al ámbito científico y cuyas influencias intelectuales se reducían al ejemplo y enseñanza del ilustrado José Félix de Restrepo y, en menor cuantía, a la guía del médico y sacerdote ecuatoriano Juan Mariano de Grijalba que, a la sazón, había sido nombrado rector del Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís de Popayán en 1783 y había inyectado a la institución un aire de restauración y renovación que posibilitó la inclusión de contenidos científicos novedosos dentro de los cursos tradicionales.⁸⁰ Así, jóvenes estudiantes como Caldas recibieron el ejemplo académico y vital del doctor Restrepo y, también, pudieron disfrutar de la amplitud de criterios del padre rector Grijalba quién, además, puso a disposición de la institución una selecta y cuidada biblioteca personal que dio solaz y abrió horizontes a estudiantes inquietos y curiosos como Caldas.

Con el tiempo, Caldas superó ampliamente a sus primeros maestros gracias a su gran dedicación y empeño autodidactas en el estudio de las ciencias y aunque supo reconocer los méritos de sus profesores y agradecer lo que aprendió de ellos, también guardó una cierta desazón en relación a la educación formal e institucional que recibió y no escatimó críticas en el momento de cuestionar el ambiente académico y el modelo pedagógico que imperaban en el entorno colonial. Más que menospreciar el recuerdo personal de sus primeros tutores, lo que parece vislumbrarse en las observaciones de Caldas es una gran frustración en relación al nivel de atraso e ignorancia en el que, consideraba él, se encontraba sumido el virreinato:

*"Desengañémonos, Grijalba no es sabio, y sólo el haber vivido en medio de un pueblo bárbaro y en una edad en que Bustamante, Hurtado, estos montones de inepticias, ocupaban en la opinión de nuestros sencillos paisanos el lugar de Bossuet o de Newton, le pudieron granjear la reputación que tiene."*⁸¹

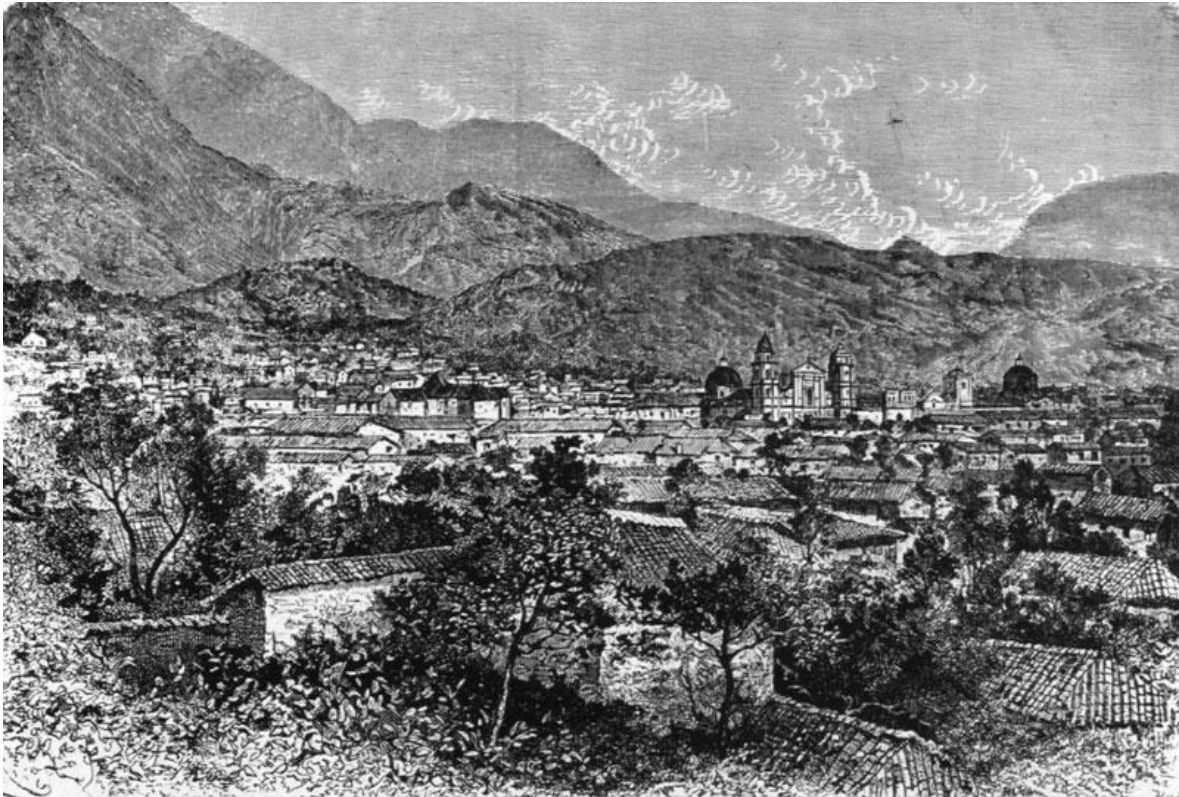
Y, en relación a José Félix de Restrepo, escribió:

⁷⁹ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. p.114.

⁸⁰ Más allá de su desempeño como rector del Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís, es escasa la información que se encuentra sobre la figura del médico y presbítero Juan Mariano de Grijalba. Véase: MARTÍNEZ, Armando. GUTIÉRREZ, Daniel [Editores académicos]. *Quién es quién en 1810. Guía de forasteros del Virreinato de Santafé*. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2010. Y: VARGAS, Pedro. *Historia del Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís de Popayán*. ABC. Bogotá. 1945.

⁸¹ Carta 53 de Diciembre 21 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.142.

“Restrepo ha hecho mucho bien a Popayán, lo conozco; ¿pero merece ponerse al lado de Jussieu? No nos deslumbremos, ellos han sido grandes porque nosotros éramos pequeños. Restrepo tiene un alma grande, pero envejecida en los primeros principios; no ha dado un paso, y creo que al fin de cada curso está al nivel de sus discípulos.”⁸²



Vista panorámica de Santafé de Bogotá hacia 1875.⁸³

Aunque es claro - tal como lo reconocía Caldas - que la labor de José Félix de Restrepo, bajo el auspicio del rector Grijalba, en pro de una educación ilustrada abierta a la enseñanza de las ciencias y las nuevas filosofías en detrimento de los ya considerados obsoletos contenidos escolásticos y metafísicos había cosechado evidentes beneficios y había logrado interesar a los jóvenes ilustres de Popayán en materias como geometría, física y astronomía, aún faltaba mucho por recorrer para que las ciencias llegasen a ser algo más que una curiosidad dentro del ámbito académico colonial. Por mucho que los deseos juveniles de Caldas lo impulsasen al estudio de las ciencias físicas y naturales, la posibilidad real de dedicarse a esas disciplinas en un plano vital o profesional era inexistente y no pasaba de ser un anhelo romántico por al menos dos circunstancias determinantes:

En primer lugar, en el entorno colonial no existían ni un ambiente ni una cultura ni una tradición científicas arraigadas a las que Caldas pudiera acceder como joven estudiante y aprendiz. No es posible soslayar el hecho de que los territorios americanos eran reinos coloniales a medio mundo de

⁸² Carta 75 de Noviembre 7 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo. p.216.

⁸³ Dibujo realizado por el dibujante francés Édouard Riou (1833-1900) quién realizó sus ilustraciones inspirándose en los cuadernos de apuntes y diarios de viaje de los exploradores franceses Charles Saffray (1833-1890) y Edouard André (1840-1911), los cuales visitaron los territorios de la actual República de Colombia durante la segunda mitad del siglo XIX. Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.94.

distancia y, para el siglo XVIII, seguían siendo dominios agrestes más propios de aventureros y pioneros que de hombres de letras y ciencias. A todas luces, el valor de las colonias europeas se traducían en términos de riquezas naturales (mineras, agrícolas, mercantiles) que pudieran transformarse para las potencias imperiales de la época en fuente de prosperidad económica y poderío geopolítico y, en ese sentido, los dominios coloniales no eran aún reinos consolidados que, a nivel sociopolítico y cultural, pudieran compararse con las naciones europeas en donde florecían la vida intelectual y académica y el intercambio ideológico.

Mientras los estados europeos ya contaban, desde hacía siglos, con ilustres estamentos e instituciones académicas (preferiblemente laicas e independientes) consagradas exclusivamente a la investigación científica y a la producción intelectual tales como la afamada Real Sociedad de Londres para el avance de la Ciencia Natural,⁸⁴ o la Academia de Ciencias de Francia⁸⁵ o, en el ámbito hispánico (y a un nivel más modesto que las anteriores), la Academia Real Mathematica,⁸⁶ en la América colonial, si bien se habían establecido Colegios Mayores o instituciones tales como la Real Universidad de la Ciudad de los Reyes o Real Universidad de Lima (1553), la Real y Pontificia Universidad de México (1551) y, en el Virreinato del Nuevo Reino de Granada, el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario (1653), el Colegio Santo Tomás de Aquino (1580) y el Colegio de la Compañía de Jesús (posteriormente llamado Colegio Mayor de San Bartolomé, 1604), la educación y el conocimiento eran aún un monopolio eclesiástico pues todas estas instituciones pertenecían a órdenes religiosas que tenían el control ideológico absoluto sobre los contenidos que se impartían en las diversas facultades.

Así, mientras en Europa ya había una tradición científica secular consolidada - bastante desligada, para finales del siglo XVIII, de dogmas religiosos e instituciones eclesiásticas - y toda una red de intelectuales interconectados gracias a las diversas academias científicas que florecían y prosperaban bajo el patrocinio de los gobiernos que las veían como un factor de desarrollo cultural y de prestigio nacional, en la América colonial el trabajo científico, para finales del siglo XVIII, apenas estaba comenzando a consolidarse gracias al trabajo aislado de algunos eruditos como José Celestino Mutis y José Félix de Restrepo y, de manera oficial, gracias a las tres principales expediciones botánicas que promovió la Corona Española en sus territorios de ultramar: la Real Expedición Botánica a Nueva España (1786-1803), la Expedición Botánica al Virreinato del Perú (1777-1788) y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1808 y 1812-1816). Y aunque sin lugar a dudas estas gestas de descubrimiento y exploración de las riquezas naturales de América fueron empresas científicas de gran envergadura y sirvieron, para el caso puntual del Virreinato del Nuevo Reino de Granada, como escuela formativa para jóvenes entusiastas como Francisco José de Caldas, Jorge

⁸⁴ La *Royal Society of London for Improving Natural Knowledge* fue fundada en 1660 y ha contado entre sus miembros a personajes de la talla de Isaac Newton, Gottfried Leibniz, Benjamin Franklin, Anton van Leeuwenhoek, Alexander von Humboldt, Adam Smith, Charles Darwin, Michel Faraday y, en tiempos más recientes, Sigmund Freud, Albert Einstein, Alan Turing y Stephen Hawking.

⁸⁵ La *Académie des sciences* fue fundada en 1666 y a ella han pertenecido pensadores eminentes como René Descartes, Blaise Pascal, Pierre Simon Laplace, Antoine Lavoisier, Joseph Fourier, Louis Pasteur y Henri Poincaré.

⁸⁶ La *Academia Real* fue fundada por Felipe II, en Madrid, en 1582 y fue antecesora de la *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (instituida en 1847).

Tadeo Lozano, Sinforoso Mutis y Francisco Antonio Zea,⁸⁷ nunca dejaron de ser, en el fondo, instrumentos políticos que buscaban consolidar el dominio colonial de la Corona Española tratando de optimizar la explotación de los recursos naturales y su comercialización.⁸⁸

En segundo término, el desarrollo tecnológico del virreinato era precario y tanto el estudio como la práctica científicas se encontraban limitadas a causa de la escasez de libros e instrumentos científicos; la primera imprenta que se estableció y entró en funcionamiento en el virreinato lo hizo apenas en el año de 1737 en la ciudad de Santafé y bajo el patrocinio y la administración de la Compañía de Jesús; la segunda en establecerse fue la de Cartagena de Indias en 1768 y la Imprenta Real oficial se instituyó en 1777, en Santafé, bajo el auspicio del virrey Manuel Antonio Flórez (1723-1799) y la dirección del impresor español Antonio Espinosa de los Monteros y Vargas (1732-1812) bajo cuya supervisión vio la luz el primer libro impreso en el Nuevo Reino de Granada, titulado *El Cristo paciente*, en el año de 1787.

Sorprende el hecho de que Santafé fue fundada en 1538 y desde entonces desempeñó un papel protagónico como enclave de la colonia y como la ciudad más importante a nivel político y administrativo en toda la enorme extensión del Nuevo Reino de Granada y la imprenta, instrumento privilegiado del mundo occidental desde finales del siglo XV y artífice por excelencia de la difusión de las ideas y del progreso de las artes, las letras y las ciencias en Europa desde hacía más de tres siglos, apenas arribó a la capital colonial del virreinato a mediados del siglo XVIII.⁸⁹

⁸⁷ **Jorge Tadeo Lozano** (1771-1816) fue un importante político y naturalista neogranadino perteneciente a una de las más aristocráticas familias de Santafé; estudió literatura, filosofía, medicina y química en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario y fue miembro de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada bajo la dirección de José Celestino Mutis en la que se desempeñó en el área de la zoología como herpetólogo. Murió fusilado, en Santafé, durante el proceso de reconquista en 1816. **Sinforoso Mutis Consuegra** (1773-1822), fue sobrino de José Celestino Mutis y bajo su guía, estudió ciencias en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario y llegó a ser un importante miembro de la Expedición Botánica en calidad de botánico; a la muerte de su tío, y por voluntad de éste, asumió la dirección de la Expedición y eso le valió la enemistad de Caldas; participó y sobrevivió al proceso independentista; murió en Santafé en 1822. **Francisco Antonio Zea** (1766-1822) fue un científico, político y diplomático neogranadino; nació en Medellín y allí realizó sus primeros estudios; luego se radicó en Popayán e ingresó al Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís en donde impartía clases su pariente el profesor José Félix de Restrepo y fue compañero de estudios de Caldas; tras estudiar jurisprudencia en Santafé, en 1791 pasó a ser miembro de la Real Expedición Botánica por recomendación de Mutis desempeñándose como botánico; se interesó en política y en 1795 fue apresado y desterrado a España por haber participado de actividades sediciosas contra la Corona en compañía de Antonio Nariño; tras ser liberado ocupó diversos cargos científicos por encargo y llegó a ser director del Real Jardín Botánico de Madrid en 1805; en 1815 regresó a América y participó activamente de la lucha por la independencia en Venezuela y Colombia al lado de Simón Bolívar; tras el triunfo de la causa independentista, continuó desempeñando importantes cargos políticos hasta regresar a Europa en calidad de diplomático; se vio implicado en polémicas negociaciones crediticias a nombre del gobierno colombiano en Inglaterra y allí falleció en 1822.

⁸⁸ En torno al trasfondo político y económico que subyacía al interés de la Corona Española por incentivar las empresas científicas en las colonias americanas, véase: NIETO, Mauricio. *Remedios para el imperio. Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo*. Universidad de Los Andes. Bogotá. 2006. Y: ZAMUDIO, Graciela. "Las expediciones botánicas a América en el siglo XVIII." En: *Ciencias*. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 29. Enero-marzo, 1993. pp. 47-51.

⁸⁹ En lo relativo a la historia de la Imprenta en el Virreinato del Nuevo Reino de Granada durante la colonia y en épocas posteriores, puede consultarse: HIGUERA, Tarcisio. *La imprenta en Colombia, 1737-1970*. Instituto Nacional de Provisiones. INALPRO. Bogotá. 1970. Y para un estudio específico de la época en cuestión: POSADA, Eduardo. *La imprenta en Santa Fé de Bogotá en el siglo XVIII*. Librería General de Victoriano Suárez. Madrid. 1917.

Un interesante diagnóstico del estado de las ciencias, de la educación y de la vida intelectual en el virreinato - y en particular en la villa de Popayán - lo formuló el Barón Alexander von Humboldt quien, desde su privilegiada perspectiva de viajero cosmopolita, erudito ilustrado y autoridad científica, escribió a José Celestino Mutis el 20 de noviembre de 1801:

“Los habitantes de Popayán poseen una cultura superior de lo que pudiera esperarse, pero de todos modos muy inferior a la que ellos mismos se atribuyen. Aquí, los que han leído a Tissot se creen médicos; todos saben física y química porque una vez han hojeado el libro El espectáculo de la naturaleza. Además, su inclinación a las ciencias, de que se muestran tan orgullosos, es en verdad muy escasa. Muy pocos aceptaron acompañarnos en las excursiones difíciles. Nadie nos ha preguntado el nombre de una planta ni de una piedra. A nadie se le ha ocurrido investigar estas obras maravillosas de la naturaleza que nos rodean. No obstante, me alegro de haber encontrado algunas aptitudes y de observar que hoy existe un despertar intelectual que se desconocía en 1760; se desea adquirir buenos libros y conocer los nombres de personalidades sobresalientes; se conversa sobre temas más interesantes que el de los privilegios de cuna y de nobleza, y se dispone de mayores conocimientos y medios auxiliares para el saber que en la misma Habana.

Todo ello constituye un buen comienzo, pero creo que el actual e incompleto punto de vista sólo quedará atrás cuando los conceptos básicos sobre instrucción y formación se cambien totalmente. Es necesario hacerles comprender que resulta imposible adquirir todos los conocimientos en dos días, y que es mejor saber poco, pero saberlo profundamente. Nuestro espíritu se parece al agua que pierde en profundidad en la misma proporción en que se expande sobre la superficie terrestre. Además, las ciencias físicas que tanta falta hacen a la América hispana, sólo echarán raíces en una generación de hombres vigorosos y emprendedores. ¿Qué cabe esperar de jóvenes rodeados de esclavos y servidos por éstos, y que temen los rayos del sol y las gotas de rocío? Una juventud así sólo puede originar una raza afeminada, incapaz de los supremos sacrificios que le exigen las ciencias y la sociedad.”⁹⁰

2.2 - Estudiante en Santafé.

Durante toda su vida, y desde la más temprana juventud, Francisco José de Caldas siempre proyectó la imagen de hombre serio, introvertido y juicioso, ajeno a rebeldías o a arrebatos personales que se opusiesen a la tradición familiar o a lo que el entorno social podía esperar de una persona de sus orígenes y condiciones; y así, aunque dejó constancia de su desazón e infelicidad al verse obligado a estudiar una carrera - la jurisprudencia - y unas materias ajenas por completo a su vocación e intereses, no hay registro de que se haya opuesto en modo alguno al designio familiar de cursar la carrera de leyes en el prestigioso Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en Santafé.

Por mucho que le desagradase el oficio de abogado, lo cierto es que además del reconocimiento público y de las excelentes perspectivas de ascenso socioeconómico, la profesión de las leyes tenía la

⁹⁰ Aparte de una carta enviada por Alexander von Humboldt a José Celestino Mutis el 20 de Noviembre de 1801, transcrita en: SCHUMACHER, Hermann. *Caldas. Un forjador de la cultura*. Imprenta patriótica del Instituto Caro y Cuervo. Bogotá. 1986. pp.9-10.

ventaja de no exigir capitales ni inversiones mayores en un comienzo pues, dado que en la vida colonial siempre abundaron los litigios de toda laya sobre derechos, linderos, herencias y demás, el profesional en leyes muy pronto podía lograr un patrimonio respetable y una reputación distinguida.⁹¹ Pero esos beneficios aparejados de distinción y rentabilidad nunca parecieron interesar a Francisco José de Caldas: aunque siguió a carta cabal los designios familiares cursando el plan de estudios exigido durante tres años en Santafé y logró obtener su debida titulación en derecho - e incluso llegó a ejercer como abogado litigante en asuntos relativos al patrimonio familiar -, nunca se sintió atraído por su profesión de licenciado en leyes puesto que, para él, era muy superior el carácter y la utilidad de las disciplinas científicas que lo apasionaban:

“Sí, mi Santiago, consagre sus grandes talentos a esta ciencia encantadora. ¡Qué dolor para mí verlos tantos años ocupados en leer mamotrejos de litigantes, y sepultados en Martínez, Febreros, etc.! No repruebo el estudio de la jurisprudencia: conozco su necesidad y sus ventajas; pero para cuatro procesos en que se disputa una cuadra de terreno, un derecho ridículo, cuatro matas y otras tantas frioleras, tiene ya usted un cúmulo de conocimientos superior a cuantos asuntos forenses se pueden presentar en nuestros países. Sí, deje usted ya a esos jurisconsultos y vamos a hacer algo que pueda sernos útil y haga honor a nuestra patria.”⁹²

Pero en 1788, el joven Caldas pareció aceptar con buen ánimo la decisión de sus padres de enviarlo a la ciudad de Santafé a adelantar la carrera de leyes puesto que, aparejada a la misión estudiantil, la experiencia también implicaba la aventura del viaje, recorrer nuevos caminos, el cambiar de aires y de ambientes, dejar atrás por primera vez la casa y el entorno familiar y residir durante una larga temporada en una villa, sede del gobierno virreinal, en donde había más posibilidades de acceder a nuevas amistades, libros, instrumentos y a otros ámbitos académicos e intelectuales.

⁹¹ *“Esa imposición de unos estudios para los que luego no se sintió inclinado, se hallaba más que justificada a los ojos de sus progenitores. Solo dos profesiones académicas eran posibles entonces: el sacerdocio y el Derecho. Para un hombre de buen nacimiento fuera de ellas solo existían el comercio, la agricultura y la explotación de minas. En cuanto a la milicia, ya el padre había colgado su espada y sus charreteras para cambiarlos por el bastón de Regidor Perpetuo. [...] Sin ser los Caldas gentes de excesiva fortuna, la minería, el campo y el comercio no eran practicables, y la misma personalidad de Caldas sugería, más que una de esas profesiones activas, otra en donde pudieran hallar ámbito sus dotes de estudioso. Para el clero se requería una vocación firme y probada de la que carecía a pesar de tener un espíritu piadoso y una religiosidad acendradas; por otra parte, no podemos olvidar que Francisco José era el mayorazgo de su casa y que esa consideración pesaba en el ánimo de un hidalgo de tantas ejecutorias como don Josef de Caldas y Camba. Así, y por eliminación, solo quedaba la jurisprudencia.”* DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo II. pp.35-6.

⁹² *Carta 40 de Julio 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo*. p.103. El destinatario de esta misiva es **Santiago Pérez Arroyo y Valencia** (1775-1845) quien fue el amigo más cercano y querido de Caldas durante toda su vida (y su corresponsal más asiduo) y al que siempre dirigió las mayores expresiones de afecto y amistad. Al igual que Caldas, era descendiente de una prestante familia payanesa y llegó a ser un importante jurista, político y académico durante la parte final del período colonial y en el comienzo de la etapa republicana. Sobre su vida y obra, véase: MEJÍA, David. *“Evocación de don Santiago Arroyo.”*. En: *Boletín de Historia y Antigüedades*. Academia Colombiana de Historia. Volumen 83. Número 792. Enero-Marzo 1996. pp.5-34.



Calle real de Bogotá en 1869.⁹³

El sistema educativo colonial era muy escrupuloso y excluyente en relación a no aceptar como estudiantes en las pocas y afamadas instituciones académicas de educación superior del reino a jóvenes que no pertenecieran a la aristocracia; de esta manera, se garantizaba que tanto el acceso a la educación superior como los títulos profesionales - y los trabajos administrativos a los que sólo podían acceder los egresados de esas academias elitistas - se mantuviesen circunscritos a las familias prestantes y a sus descendientes. Dada esta indispensable condición preliminar de acreditación de hidalguía, el trámite de ingreso comenzaba para los jóvenes candidatos con la debida presentación formal de sus genealogías autenticadas que certificaban su pertenencia a linajes aristocráticos de raigambre española, lo cual les hacía merecedores de un cupo y de una beca de estudios.⁹⁴

Puesto que el perfil y la procedencia de Caldas llenaban a cabalidad todos los requisitos y expectativas exigidos a cualquier aspirante de la aristocracia criolla, su solicitud fue bien recibida en el claustro académico del Rosario concediéndosele el ingreso a la Facultad de Leyes y la aprobación de la beca el 21 de octubre de 1788.

Partió entonces de su natal Popayán, a los veinte años recién cumplidos, el joven Francisco José de Caldas que, ahora como estudiante de leyes y aspirante a Doctor en Jurisprudencia, iniciaba el primer

⁹³ Dibujo del ilustrador francés Émile Théodose Therond (1821-1883). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.41.

⁹⁴ La declaración de hidalguía de Caldas puede consultarse en: *Carta 1 de Agosto 11 de 1788 dirigida al Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*. p.27. Y su solicitud de ingreso al Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario: *Carta 2 sin lugar ni fecha precisas dirigida al Rector del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*. p.28.

viaje prologado de su vida que lo alejaba de su solar nativo y que significaba también su ingreso en la edad adulta.

En la capital del reino encontró Caldas un ambiente de inquietud política e intelectual que resultó muy propicio y fecundo para los intereses científicos y académicos que habían empezado a inquietarlo desde sus años de colegial.

La travesía misma, a través de los agrestes caminos y los múltiples paisajes del reino, abrió también para el joven sensible y apasionado de las ciencias un panorama ilimitado de horizontes en donde empezó a afinar su mirada de observador científico y a cultivar su decidida vocación de naturalista.

Santafé de Bogotá, la ciudad capital del virreinato y principal núcleo de la administración colonial, destacaba entonces como una próspera villa enclavada en la vertiente oriental de los Andes en donde tenían sede los poderes políticos, administrativos, económicos y eclesiásticos que regían la vida colonial en sus esperas pública y privada bajo la égida del Virrey como representante directo de la Corona Española. En el plano cotidiano, la ciudad no distaba mucho en sus modos y costumbres de la natal Popayán de Caldas pues el ritmo de los días y las normas sociales estaban regidos por la permanente presencia de la Iglesia y sus ministros que fungían como verdaderos legisladores de la moral y de los usos familiares y sociales.⁹⁵

En el ámbito intelectual, soplaban vientos de cambio en el entorno santafereño pues el virrey en ejercicio en aquellos años, el arzobispo cordobés Antonio Pascual de San Pedro de Alcántara Caballero y Góngora,⁹⁶ participaba del entusiasmo de la Ilustración y del ansia de progreso y modernización y promovió cuanto pudo las artes y las ciencias. Con miras a lograr un conocimiento científico del entorno natural del reino y un mejor y mayor aprovechamiento de sus inmensas riquezas minerales, vegetales y biológicas, intentó reformar la educación tradicionalista y formal buscando que se impartiesen contenidos más útiles a la economía y a la industria en detrimento de

⁹⁵ "Diez y siete mil setecientos veinticinco personas habitaban la ciudad. De ellas, novecientos veintitrés hacían vida regular en conventos de religiosas y de frailes; ciento cincuenta y siete hacían vida de estudio en los dos colegios y el resto se repartían por la ciudad que entonces contaba con cinco parroquias. No se contabilizaron al hacer el padrón las tropas veteranas de Su Majestad, que no pasaban de quinientas plazas entre oficiales y soldados. Blancos, mestizos, indios, negros esclavos y negros libres formaban esta población abigarrada. Siendo Santafé sede de la administración central, abundaban en ella los despachos, tribunales, recaudaciones y oficinas encargadas de servir la complicada y detallista maquinaria administrativa española. El palacio del virrey, la Real Audiencia, las reales cajas, los tribunales y las tesorerías de los numerosos impuestos, funcionaban gracias a un tren burocrático ingente, encargado de mantener la marcha regular de un gobierno que extendía su dominio a dilatadas comarcas." DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo II. p.39.

⁹⁶ **Antonio Pascual de San Pedro de Alcántara Caballero y Góngora** (1723-1796), nacido en Córdoba, fue un sacerdote español que cursó estudios de Filosofía, Teología y Humanidades en general; ocupó diversos cargos administrativos en la Corte en Madrid hasta llegar a ser designado obispo. Pasado a Indias en 1776, recibió el título de Arzobispo y pasó a desempeñarse como tal en la ciudad de Santafé. En 1782 salió a una población cercana a recibir al recién nombrado virrey del Nuevo Reino de Granada, don Juan de Torrezar Díaz Pimenta y, cuenta la leyenda, que durante la cena de recibimiento el Arzobispo no comió nada; al proseguir el viaje, el Virrey Torrezar empezó a sentirse mal y enfermó gravemente hasta que murió días después (aunque la situación resultó sospechosa, no se ha probado que el arzobispo estuviese implicado de alguna manera en este extraño episodio). El arzobispo Caballero y Góngora fue nombrado virrey en reemplazo del fallecido y ocupó el cargo entre 1782 y 1789. Como virrey en funciones, en 1783 patrocinó la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada dirigida por José Celestino Mutis. Tras entregar el cargo de virrey en 1789, regresó a España en donde falleció en su natal Córdoba en 1796. Sobre su vida y obra, véase: MONTES, María. "D. Antonio Caballero y Góngora, un virrey ilustrado." En: *Revista Péndulo. Papeles de Bastitania*. Número 8. 2007. pp.315-331.

asignaturas metafísicas y abstractas. El mayor logro que alcanzó el virrey en este propósito de ensalzar e incentivar a las ciencias útiles al reino fue el haber apoyado y sostenido la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada dirigida por José Celestino Mutis.

Por su parte, a su ingreso como becario al Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Caldas encontró un ambiente académico propicio a sus inquietudes juveniles y un círculo de parientes y amigos cercanos: su tío materno don Tomás Tenorio se desempeñaba como catedrático de derecho canónico en la institución y como estudiante distinguido y pasante de cánones se encontraba su primo hermano Camilo Torres Tenorio y a quien lo unía una fuerte amistad. Y si bien en esta primera estancia en Santafé Caldas no se vinculó ni a la Expedición Botánica ni tuvo contacto directo con Mutis - quien era la mayor autoridad académica del reino - el cambio de ciudad sí implicó para el joven payanés una valiosa experiencia vital pues pudo crear nuevas amistades, participar de círculos sociales diferentes y asistir a tertulias - inspiradas en la ilustración francesa - en donde se ventilaban ideas vanguardistas en torno a temas tan candentes como la política, la educación y el gobierno del reino.

Más allá de los deseos de su vocación científica y de las enriquecedoras tertulias que podía sostener frecuentemente en ciertos salones distinguidos, Caldas tuvo que dedicarse durante los siguientes tres años a su carrera de leyes y asistir a los cursos establecidos que tanto le desanimaban y contrariaban sus verdaderos intereses; cursó, sin pena ni gloria, las obligadas materias de teología escolástica, teología dogmática, derecho canónico, derecho civil y derecho público, entre otras, hasta obtener el título de *Bachiller en Derecho* y, al parecer por ciertos quebrantos de salud, ya no continuó con los estudios subsiguientes para lograr los grados más prestantes de *Licenciado* y *Doctor en Derecho*; a cambio, regresó a su natal Popayán y siguió alimentando secretamente su vocación de naturalista.

“Coronó su carrera, como ha solido decirse, alcanzando los grados de bachiller licenciado y doctor en derecho, pero siendo apenas un mediano jurista; su vocación decidida era otra; y en solitarios ejercicios privados, adivinando como Pascal lo que no hallaba en los libros, o descubriéndolo por investigaciones serias, se había formado ya regular matemático y astrónomo teórico.”⁹⁷

⁹⁷ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. I. pp.11-12.

Capítulo 3.

Caldas y el pensamiento ilustrado.

La Ilustración en el Nuevo Reino de Granada.

“La vida intelectual era casi nula, y la ciencia patrimonio exclusivo de los hombres de toga o de tonsura. Pero los clérigos no estudiaban otra lengua que el latín ni otra ciencia que las metafísicas; y los abogados reducían sus estudios al Derecho Canónico y las Siete Partidas del rey Don Alfonso el Sabio. Los otros ramos de las ciencias carecían de cultivadores.”

Nueva biografía del general José María Cabal. Tulio Enrique Tascón.⁹⁸

Más allá del poco entusiasmo que despertó en Caldas el estudio de la jurisprudencia, lo realmente importante de esos años de estadía en Santafé fue el hecho de que Caldas tuvo la oportunidad de conocer y conectarse con los círculos intelectuales ilustrados de la ciudad. La villa de Santafé era el epicentro del virreinato y en sus calles confluían las fuerzas políticas, económicas, sociales e intelectuales del reino mucho más que en la villa de Popayán que tenía un carácter más conservador y tradicionalista y que se encontraba, geográfica y culturalmente, más distante de las dinámicas que alimentaban el ambiente intelectual de Santafé.⁹⁹

Para finales del siglo XVIII, la ciudad parecía debatirse entre un oscurantismo secular y el despertar de unas nuevas fuerzas intelectuales que trataban de permear el tradicionalismo imperante.¹⁰⁰ Así, Caldas encontró en la capital del virreinato una sociedad tan tradicionalista y conservadora como la de su natal Popayán pero, a la vez, se vio inmerso en un ambiente intelectual inquieto en el que, por

⁹⁸ TASCÓN, Tulio Enrique. *Nueva biografía sobre el general José María Cabal*. Editorial Minerva. Bogotá. 1930. p.2.

⁹⁹ Según el censo realizado en 1779, la ciudad contaba con una población total de 15326 habitantes de los cuales 7501 eran ‘blancos’, 5581 eran ‘libres’ (es decir, personas sin hidalguía que ejercían oficios de mediano rango), 1529 eran indios y 715 eran esclavos; del total de la población, aproximadamente el 38% eran hombres y el 62% restante eran mujeres. Para este y otros balances estadísticos de la Santafé colonial, véase: DUEÑAS, Guiomar. *Los hijos del pecado. Ilegitimidad y vida familiar en la Santafé de Bogotá colonial*. Capítulo II. *Santafé de Bogotá en el siglo XVIII*. pp.61-85.

¹⁰⁰ “La población en general vegetaba sumida en completa ignorancia; apenas una quinta parte aprendería a leer, pues eran contadas las villas donde había escuela, y las tales no fueron costeadas nunca por el gobierno español sino por los cabildos o los particulares. Indios, esclavos y artesanos permanecían analfabetos; los hijos de personajes acomodados, de comerciantes, de empleados del gobierno o de los de rentas, recibían una mejor formación, que apenas se extendía a leer, escribir y contar. No había más carreras universitarias que la de clérigo y la de abogado; sólo más tarde se fundó la cátedra de medicina, entrado ya el siglo XIX. En Santafé había una universidad y dos colegios, y funcionaban sendos seminarios en Popayán, Panamá, Cartagena y Santa Marta. Se estudiaba latín, derecho canónico y derecho civil (el derecho público estaba expresamente prohibido por el rey), teología moral y dogmática, y en filosofía, los embrollos escolásticos. Sólo bajo el gobierno del arzobispo- virrey [Caballero y Góngora] se creó la cátedra de matemáticas, confiada al sabio naturalista doctor José Celestino Mutis, quien introdujo entre nosotros el sistema copernicano, cuando apenas era conocido en la propia Europa. Las ciencias naturales eran desconocidas; el arzobispo virrey dio grande impulso a su estudio. [...] El virrey Guirior se interesó en la elaboración de un nuevo plan de estudios, abandonado pronto, y fundó la biblioteca nacional con los libros pertenecientes a los recién expulsados jesuitas, el 1º de enero de 1777. La Nueva Granada fue la sexta colonia en poseer imprenta (1731), precioso instrumento de que Méjico venía disfrutando hacía dos siglos. Estaba para fundarse, gracias a la generosidad e iniciativas privadas, el primer colegio para señoritas en la capital del virreinato.” GUTIÉRREZ, José. *Galán y los comuneros*. Publicaciones Cultural. 1982. Capítulo VII. *La Nueva Granada a fines del siglo XVIII*. pp.125-126.

primera vez en el entorno colonial, se acogía la ideología de la Ilustración europea con sus novedosas y revolucionarias perspectivas cosmológicas, filosóficas, políticas y sociales. Aún más, varios personajes prestantes y reconocidos de Santafé participaban abiertamente del pensamiento ilustrado comenzando con el ya mencionado arzobispo y virrey Antonio Caballero y Góngora y otros ilustres miembros de la sociedad santafereña como Antonio Nariño¹⁰¹ y José Celestino Mutis.

En el lapso en el que Caldas residió en Santafé, entre 1788 y 1791, los primeros destellos del pensamiento ilustrado estaban empezando a generar cambios importantes en el contexto intelectual del reino:¹⁰²

El Arzobispo- virrey Antonio Caballero y Góngora, con miras a mejorar sustancialmente la economía, trató de modificar los programas educativos incentivando, primero, el aprendizaje de las ciencias físicas (botánica, mineralogía) para generar un mayor conocimiento del entorno natural del territorio y, segundo, promoviendo la enseñanza de materias prácticas y técnicas (geografía, topografía, minería) que condujeran a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y a una mayor capacidad de realizar obras civiles importantes como caminos y puertos.

Por su parte, Antonio Nariño, con su labor periodística de crítica, reflexión y divulgación y con la traducción subversiva, en 1793, de *La déclaration des droits de l'homme et du citoyen* (*Declaración de los derechos del hombre y del ciudadano*), fue el primer criollo en cuestionar el régimen colonial de

¹⁰¹ **Antonio Amador José de Nariño y Álvarez del Casal** (1765-1823) fue el gran pionero de la causa independentista y, por esta razón, se le conoce como 'el precursor de la Independencia'. Pertenecía, al igual que Jorge Tadeo Lozano, a una de las familias más aristocráticas de Santafé (como en el caso de Caldas, su padre era gallego y su madre una criolla distinguida). Se educó en el Colegio Mayor y Seminario de San Bartolomé y desde muy joven se distinguió por su cultura e inquietud intelectual (su biblioteca llegó a contener más de dos mil volúmenes). Fascinado por el movimiento europeo de la Ilustración, se convirtió en propagador de las nuevas ideas y, con el ánimo de difundirlas y discutir las, fundó una tertulia en su propia casa a la que llamó 'El Arcano Sublime de la Filantropía' y, en 1793, inspirado por los ideales de la Revolución francesa tradujo y publicó de manera clandestina - en Santafé y en una imprenta de su propiedad -, la Declaración de los Derechos del hombre y del Ciudadano retando la prohibición del Tribunal del Santo Oficio de la Inquisición; por este acto subversivo, fue encarcelado por alta traición en Santafé y posteriormente enviado a España. Logró fugarse y regresó al virreinato en 1797 y, bajo sospecha de sedición, se le mantuvo prisionero de manera intermitente hasta cuando estalló la revuelta independentista del 20 de julio de 1810. En 1811, y ya haciendo parte del gobierno independiente del Estado de Cundinamarca, fue nombrado presidente en reemplazo de Jorge Tadeo Lozano con quien, desde entonces, alimentaría una profunda enemistad: Nariño era partidario de un estado centralista con capital en Santafé mientras que otros criollos importantes como Jorge Tadeo Lozano, Camilo Torres, y el mismo Francisco José de Caldas, abogaban por un modelo federalista que respetase la autodeterminación de cada provincia (tomando como ejemplo a los Estados Unidos de América). Las diferencias políticas condujeron a la nación a un período conocido como 'la patria boba' que culminó en una cruenta guerra civil mientras la Corona Española preparaba, bajo el mando del capitán general Pablo Morillo, la reconquista de la colonia insubordinada. Nariño fue capturado de nuevo en 1815 por las tropas realistas y enviado a España en donde estuvo preso hasta 1821 (salvando con ello la vida pues todos sus contendores políticos - Tadeo Lozano, Torres, Caldas - fueron fusilados en ese lapso de tiempo). Tras su regreso a la Nueva Granada, siguió incursionando en política y actuando como escritor y periodista hasta su muerte en 1823 a la edad de 58 años. Sobre su vida y obra, véase: SANTOS, Enrique. *Antonio Nariño, filósofo revolucionario*. Ediciones Desde Abajo. Bogotá. 2015. RUIZ, Eduardo. *La librería de Nariño y los Derechos del Hombre*. Editorial Planeta. Bogotá. 1990.

¹⁰² Como lectura de referencia en torno a la recepción del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada, véase: SILVA, Renán. *Los ilustrados de Nueva Granada 1760-1808. Genealogía de una comunidad de interpretación*. Fondo Editorial Universidad Eafit. Medellín. 2002.

sometimiento y dependencia a la Corona Española y en generar una reflexión profunda en las élites criollas sobre la necesidad de realizar reformas políticas y sociales de fondo.

Por último, José Celestino Mutis fue el precursor del espíritu científico en el virreinato que diseñó y dirigió la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada entre los años de 1783 y 1808 (fue la primera gran empresa científica emprendida en el reino) y dedicó su vida a promulgar los ideales ilustrados de la ciencia moderna formando a una primera generación de científicos criollos entre los que estuvieron Francisco Antonio Zea, Sinforoso Mutis, Jorge Tadeo Lozano y Francisco José de Caldas.

Ahora bien, es necesario entender que este momento histórico de cambio que fue el último cuarto del siglo XVIII y esta coyuntura ideológica que permitió la recepción y florecimiento de la nueva filosofía ilustrada en el virreinato no pueden concebirse como un proceso en el que ciertos personajes 'trajeron' o 'promulgaron' ciertas 'tesis' y 'doctrinas' que terminaron transformando la mentalidad colonial; en realidad, se trata más de la confluencia de un gran número de complejas circunstancias históricas que terminaron por generar un escenario en el que se dio una transformación profunda de toda la estructura social, política, económica e ideológica del mundo colonial que precipitó su final y posibilitó el surgimiento de la nueva era republicana. Y todo este trasfondo histórico e ideológico, claro está, definió íntegramente la vida, la mentalidad y la labor científica de Francisco José de Caldas.

Tratando entonces de dilucidar un poco la figura y obra de Caldas y, sobre todo, de entender su labor científica a partir de una comprensión contextualizada de las realidades vitales, históricas y mentales que la configuraron, se hace necesario explorar y conocer, en la medida de lo posible, los diversos escenarios en los que ese llamado 'pensamiento ilustrado' se manifestó dentro del virreinato del Nuevo Reino de Granada.

Para el final del siglo XVIII, en el período comprendido entre 1760 y 1810, fueron varias y muy notorias las diversas manifestaciones del pensamiento ilustrado en el ámbito del virreinato y, en especial, en la ciudad de Santafé puesto que en ella residían la mayoría de personajes prestantes que actuaban como receptores de las novedades noticiosas, culturales y librescas del viejo mundo y que estaban muy comprometidos con divulgar el espíritu del movimiento ilustrado dentro de los círculos de los criollos cultos, influyentes y aristócratas a los que ellos mismos pertenecían.

Y los anhelos de cambio inspirados en la Ilustración europea apuntaron a asuntos de suma importancia que, al cabo de pocos años, demostraron tener una gran relevancia para el futuro del reino: se buscó transformar el ortodoxo y ya obsoleto sistema educativo escolástico en pos de una educación de avanzada, práctica, racional y científica, que generara beneficios tangibles para el desarrollo del reino; se trató de hacer que las universidades dejaran de ser monumentos medievales anquilosados en abstracciones teológicas inútiles y se convirtieran en centros dinámicos de difusión de los nuevos saberes laicos y científicos; se incentivó la creación de bibliotecas públicas que fueran focos de conocimiento y formación de la juventud y en las que tuvieran cabida los autores modernos y las nuevas tendencias filosóficas y científicas; se promovió el surgimiento de cofradías culturales dedicadas a la cultura y a la discusión libre a modo de tertulias permanentes o como grupos libres de intelectuales dedicados a la reflexión y el análisis de las realidades del reino; se hizo de la imprenta

un instrumento de promoción de la modernidad en las colonias y se priorizó su establecimiento y difusión; se trató de instaurar la práctica del periodismo como profesión de avanzada auspiciando la edición e impresión de publicaciones periódicas populares; se patrocinó el establecimiento de empresas científicas de gran envergadura con el propósito de conocer, documentar y aprovechar las inmensas riquezas naturales en beneficio de la economía del reino, el progreso general y el bienestar de la población.

Y, finalmente, todos y cada uno de estos propósitos, con mayor o menor éxito, fueron llevados de la teoría a la práctica entre finales del siglo XVIII y comienzos del XIX. Los pioneros de la nueva mentalidad ilustrada (Mutis, Nariño, Restrepo, Torres, Caballero y Góngora, Lozano, Caldas, entre muchos otros) se jugaron a fondo para hacer de estos anhelos una realidad y no escatimaron recursos ni esfuerzos para que todas estas manifestaciones llegaran a ser los referentes ideológicos sobre los cuales fuese posible construir un nuevo paradigma histórico de nación y, aún más, de humanidad.

3.1 - El pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada.

Al tratar de abordar el tópico de 'la Ilustración' y del 'pensamiento ilustrado' en el Nuevo Reino de Granada para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, no deben perderse de vista los importantes matices con que deben tratarse los términos mencionados al trasladarlos al contexto colonial americano puesto que no es posible afirmar que la Ilustración fue simplemente 'trasladada' al contexto colonial del Virreinato de la Nueva Granada pues resulta evidente que tanto el contexto social como las condiciones históricas eran muy diferentes y, en gran medida, incontrastables.¹⁰³

La dependencia de las colonias españolas a la metrópoli se manifestaba en todos los ámbitos de la vida social y cultural pues las provincias dependían a nivel político y administrativo de los lineamientos burocráticos que la Corona definía para sus dominios; la vida de las aristocracias criollas que gobernaban las colonias españolas orbitaba - con cierta tardanza dadas la enorme distancia y las grandes dificultades que separaban a los virreinos de la corte borbona - en torno a los usos, modos, costumbres y novedades que se imponían en la corte y en los ambientes refinados de España. De esta manera, la llegada y florecimiento de lo que podríamos llamar 'el pensamiento ilustrado' al virreinato se dio como un difuso y complejo proceso de apropiación de unas tendencias y perspectivas que

¹⁰³ La Ilustración, entendida en un primer momento como la compleja combinación de diversas tendencias filosóficas y como un movimiento intelectual y cultural anclado en la obra y concepciones de eminentes filósofos europeos como François-Marie Arouet 'Voltaire' (1694-1778), Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), Charles Louis de Secondat 'Barón de Montesquieu' (1689-1755), David Hume (1711-1776) e Immanuel Kant (1724-1804), entre muchos otros, surgió como una tendencia intelectual que respondía a las condiciones históricas, sociales, políticas y culturales de la Europa del siglo XVIII. En cuanto a obras de contexto sobre el movimiento de la Ilustración europea, el proyecto del enciclopedismo francés y los principales protagonistas e ideólogos de estas tendencias, véase: BLOM, Philipp. *Gente peligrosa. El radicalismo obligado de la Ilustración europea*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2012. Y: BLOM, Philipp. *Encyclopédie. El triunfo de la razón en tiempos irracionales*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2007.

tuvieron que amoldarse al entorno colonial que tanto difería del ámbito europeo en el cual esas ideas habían surgido.¹⁰⁴

El llamado que hacía la filosofía ilustrada a la autodeterminación y al uso de la razón como criterio absoluto de legitimación caló hondamente en el espíritu de los criollos que asumieron vivencialmente esta invitación a cuestionar todo lo establecido por la tradición apelando a la guía de la razón (y ya no a la religión o al discurso dogmático de autoridad). La corriente de la Ilustración, como cambiante y dinámico conjunto de múltiples perspectivas filosóficas, fungió como paradigma cultural y, sobre todo, como inspiración para toda una generación de criollos neogranadinos deseosos de transformar las realidades materiales e ideológicas que imperaban en la vida colonial y que - como en el caso de la educación escolástica o el sistema político y económico cuasi feudal - ya daban muestras de un claro envejecimiento.¹⁰⁵

Dentro de esta coyuntura de renovación ideológica, la ciencia, como producto por excelencia de la razón, pasó entonces a ocupar un papel preponderante dentro del escenario ilustrado puesto que en sí misma representaba el ideal máximo de construcción y progreso racional a partir del entendimiento, la observación empírica de los fenómenos de la naturaleza, la reflexión filosófica y el discernimiento lógico.

3.2 - José Celestino Mutis: pionero del espíritu científico en el Nuevo Reino de Granada.

Le corresponde al científico y erudito español José Celestino Mutis el mérito de haber sido el primer hombre de letras en arribar al Nuevo Reino de Granada trayendo consigo todo el acervo de la ciencia y de la filosofía ilustradas. Su vida y obra representan un punto de inflexión determinante en lo relativo a la recepción del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada pues fue indiscutiblemente la mayor figura intelectual de todo el siglo XVIII en el ámbito colonial.

El conjunto de sus extensas investigaciones científicas (en campos tan diversos como la astronomía, la medicina, las matemáticas, la zoología y la botánica), su abnegada labor científica y pedagógica en el virreinato durante cuarenta y ocho años ininterrumpidos, entre 1760 y 1808, y su inmenso aporte a los anales de la historia natural gracias a la colosal Expedición Botánica que él mismo ideó y dirigió

¹⁰⁴ La definición misma de 'Ilustración' resulta bastante imprecisa pues no es posible definir ni el término ni la tendencia en términos unívocos. El filósofo Immanuel Kant (1724-1804), uno de los mayores exponentes del movimiento, la definió en algún momento con estas palabras: *"Ilustración significa el abandono por parte del hombre de una minoría de edad cuyo responsable es él mismo. Esta minoría de edad significa la incapacidad para servirse de su entendimiento sin verse guiado por algún otro. Uno mismo es el culpable de dicha minoría de edad cuando su causa no reside en la falta de entendimiento, sino en la falta de resolución y valor para servirse del suyo propio sin la guía del de algún otro. Sapere aude! ¡Ten valor para servirte de tu propio entendimiento! Tal es el lema de la Ilustración."* [Sapere aude es una locución latina que puede traducirse como 'Atrévete a saber']. KANT, Immanuel. *¿Qué es la Ilustración?* Alianza Editorial. Madrid 2013. p.87.

¹⁰⁵ *"Lo que puede entenderse por Ilustración o por 'las luces', en la sociedad neogranadina, no es fácil de definir. No fue ni un sistema o una escuela filosófica, que permitiera adeptos a unos principios más o menos establecidos. Tampoco fue una escuela científica que tuviera sus modelos y sus ejemplos, sus discípulos y sus maestros. Más bien fue, como lo revelan sus orígenes europeos, una cierta actitud ante la realidad y la vida, que puede traducirse de variadas maneras."* HERNÁNDEZ DE ALBA, Gonzalo. *"La Expedición Botánica."* En: *Gran Enciclopedia de Colombia*. Círculo de Lectores. Casa Editorial El Tiempo. 2007. Volumen 1. pp.244-245.

durante veinticinco años (entre 1783 y hasta su muerte en 1808), constituyen, de hecho, la piedra fundacional de la historia de las ciencias físicas y naturales en el Nuevo Reino de Granada.



Retrato del sacerdote y científico José Celestino Mutis.¹⁰⁶

Pocas veces resulta tan evidente la influencia de un solo hombre a la hora de repasar la génesis y el desarrollo de un movimiento intelectual como lo fue el surgimiento del pensamiento científico moderno – ligado indisolublemente a la recepción de las ideas de la Ilustración europea - en el entorno

¹⁰⁶ Retrato de José Celestino Mutis realizado en 1801 por el pintor, retratista y pintor botánico santafereño Pablo Antonio García del Campo (1744-1814) quien trabajó como dibujante y primer delineador de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada bajo el auspicio y la dirección del mismo Mutis (se desempeñó también como pintor de cámara del Arzobispo Virrey Antonio Caballero y Góngora).

Imagen tomada de: <https://www.urosario.edu.co/Museo/Coleccion/291634/> [Consultado en Julio 14 de 2019]

colonial del Nuevo Reino de Granada. La figura del ‘Sabio Mutis’ encarna el momento fundacional de lo que podría llamarse el pensamiento científico granadino pues fue mucho más que un viajero en tránsito (como, no obstante su inteligencia y brillantez intelectual, lo fue Humboldt años después) al transformarse en un referente intelectual de la filosofía ilustrada en el Nuevo Mundo y, a través de la Expedición Botánica, en una verdadera escuela en la que se formó toda una generación de jóvenes científicos granadinos (incluyendo a Caldas); a través de su trabajo ininterrumpido durante cuarenta años y de su ejemplo personal, Mutis fue el primero en sembrar y cultivar en el entorno del Nuevo Reino de Granada - en gran medida aún inexplorado para las ciencias - tanto la actitud del naturalista curioso apasionado por observar y clasificar la inmensidad del entorno natural como el espíritu científico ilustrado concentrado en escudriñar los fenómenos de la naturaleza para tratar de encontrar pautas y parámetros inteligibles desde la perspectiva de las matemáticas y de las ciencias físicas y naturales.

Nacido en Cádiz en 1732,¹⁰⁷ desde muy pronto mostró un claro talento para el estudio y, desde su temprana juventud, se consagró a una brillante carrera como médico y como académico dedicado al estudio de las matemáticas, la física, la astronomía, la botánica y las ciencias naturales en general. Vinculado como médico y cirujano a la corte de Fernando VI, hacia 1760 el recién nombrado virrey para el Nuevo Reino de Granada, don Pedro Messía de la Cerda (1700-1783),¹⁰⁸ le ofreció la posibilidad de desempeñarse como su médico personal y Mutis aceptó la oferta entusiasmado con la oportunidad que se le ofrecía de viajar al trópico americano en un momento en el que esta región del imperio español era aún una gran incógnita para los sabios y una gran página en blanco para las ciencias. Tomada la decisión, partió Mutis en 1760 rumbo al lejano Nuevo Reino de Granada en la comitiva del virrey quien, además de su oferta laboral, le había entusiasmado también “*con la promesa de permitirle estudiar la diversidad botánica y natural de América.*”¹⁰⁹ Mutis jamás regresó a España y los siguientes cuarenta y ocho años que permaneció en el Nuevo Reino de Granada - hasta su muerte en 1808 - lo transformaron en el pionero de las ciencias en los territorios de ultramar y lo consagraron como el mayor naturalista de América.

¹⁰⁷ Como biografía de referencia sobre José Celestino Mutis, véase: PÉREZ, Enrique. *José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*. Fondo FEN Colombia. Santafé de Bogotá. 1998. Como trabajo específico sobre la llegada de Mutis al Nuevo Reino de Granada en 1760, véase: BERNAL, Jaime. GÓMEZ, Alberto. *A impulsos de una rara resolución. El viaje de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada, 1760-1763*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2010. En cuanto análisis de la figura y obra de Mutis en relación a la llegada de la ciencia ilustrada al Nuevo Reino de Granada: EDWARD, Wilson. *Kingdom of Ants. José Celestino Mutis and the Dawn of Natural History in the New World*. Johns Hopkins University Press. Baltimore. 2010

¹⁰⁸ **Pedro Messía de la Cerda y de los Ríos** (1700-1783) fue un noble y militar español que fue designado como quinto Virrey, Gobernador y Capitán General del Virreinato del Nuevo Reino de Granada en el lapso comprendido entre 1760 y 1772. Como obra de contextualización general sobre el régimen virreinal, véase: ORTIZ, Sergio. *Nuevo Reino de Granada. El Virreinato*. En: *Historia extensa de Colombia*. Volumen IV. 2 Tomos. Ediciones Lerner. Bogotá. 1970. Y, para información sobre el virrey Messía de la Cerda y su gobierno en el Nuevo Reino de Granada, véase el Capítulo II del Tomo 2 de dicha obra, pp.109-167

¹⁰⁹ KNUDSEN, Hans-Peter. *Presentación*. En: BERNAL, Jaime. GÓMEZ, Alberto. *A impulsos de una rara resolución. El viaje de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada, 1760-1763*. p.14.

Desde el primer momento de su llegada al Nuevo Reino de Granada, Mutis se sintió deslumbrado por la exuberancia de la naturaleza tropical y se consagró al estudio de las infinitas variedades botánicas y zoológicas que prosperaban por doquier:

“Todo el mes de noviembre estuve muy retenido en mis observaciones de historia natural, en un país donde todo me parecía nuevo. No llegaron a interrumpirse mis excesivos trabajos por las incomodidades de un clima tan violento para los europeos.”¹¹⁰

“[...] destiné la mayor parte del tiempo en salir a registrar los campos de Cartagena. Son infinitos los animales que hacen pisar el terreno con un continuo sobresalto. Las inocentes hormigas, que en otros sitios merecen la atención y permiten acercarse a quien quiere observarlas atentamente, me hicieron huir muchas veces escarmentado de sus mordeduras. Los mosquitos, cien patas, alacranes, culebras, arañas y muchas otras sabandijas mezclan con indecible amargura los grandes gustos que recibe el averiguador de la naturaleza. Las injurias del tiempo extremadamente inconstante, producen algunas incomodidades acaso más funestas. Es excesivo el rigor de un sol que impide gozar al descubierto de sus rayos. Las lluvias copiosísimas incomodan tanto al cuerpo más robusto, cuanto atemorizan los truenos el ánimo más esforzado. Lo peor de todo es que apenas se halla reparo proporcionado para tantas incomodidades y peligros. Saqué algún fruto de mis fatigas, y es suma la complacencia que recibo, cuando a sangre fría registro mis diarios y observaciones.”¹¹¹

Si bien Mutis siguió ejerciendo su profesión de médico, en los años posteriores sus intereses intelectuales se concentraron en el estudio científico del inagotable campo de trabajo que se ofrecía a su mirada escrutadora de filósofo natural ya versado en los campos de la botánica, la zoología, la astronomía, las matemáticas y las ciencias físicas y naturales en general.

Con el paso de los años, Mutis fue reconocido como el personaje más docto e ilustrado del reino y se estableció como una figura prominente dentro del ambiente aristocrático santafereño mientras sus inclinaciones místicas y ascéticas lo llevaron a ordenarse sacerdote en el año de 1772 (a la edad de cuarenta años). El resto de la vida del ya reconocido y admirado ‘Sabio Mutis’ transcurrió entre libros, estudios y permanentes viajes por las comarcas del virreinato en las que descubrió y clasificó especies de plantas exóticas completamente desconocidas hasta ese momento en los anales de la historia natural: entre ellas, la más importante y apetecida, dadas sus propiedades curativas, fue el llamado

¹¹⁰ HERNÁNDEZ, Guillermo. *Archivo epistolar del sabio naturalista José Celestino Mutis*. 4 Volúmenes. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. Editorial Presencia. Bogotá. 1983. Tomo I. pp.23-24. Carta escrita por José Celestino Mutis en Cartagena de Indias en Mayo de 1763 (no se conoce el nombre del destinatario pues la misiva se conserva gracias a una copia manuscrita hallada en el archivo personal del propio Mutis). Esta carta – en la que Mutis recuerda las impresiones de su primera estancia en la ciudad portuaria a finales de 1760 -, fue escrita durante una segunda visita que Mutis hizo a Cartagena entre los años de 1762 y 1763 cuando ya se hallaba establecido en la ciudad de Santafé.

¹¹¹ Si bien no se conoce el nombre del destinatario de esta extensa carta (que se conserva gracias a una copia manuscrita que Mutis elaboró), se sabe que iba a dirigida a algún corresponsal de Mutis que se desempeñaba como profesor de medicina en Cádiz. HERNÁNDEZ, Guillermo. *Archivo epistolar del sabio naturalista José Celestino Mutis*. Tomo I. Carta escrita por José Celestino Mutis en Santafé de Bogotá el 21 de marzo de 1762 (no se conoce el nombre del destinatario). p.7 y p.10.

árbol de quina que por primera vez observó y analizó en 1772 durante un recorrido por las laderas andinas tropicales cercanas a la villa de Santafé. Consagrado al sacerdocio y a sus estudios y a su bien ganada fama como catedrático universitario, sacerdote, médico, matemático, astrónomo, físico, botánico y zoólogo, Mutis fue también un precursor y un difusor de la enseñanza científica pues terminó educando, con su enseñanza y su práctica docente y científica, a muchos jóvenes criollos que, como él, se sintieron fascinados por el estudio de las ciencias físicas y naturales y llegaron a ser los mayores exponentes y promotores del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada.

3.3 - La confrontación entre pensamiento ilustrado y dogmatismo religioso.

Ahora bien, sería errado afirmar que Mutis - afincado en Santafé desde 1761 -, fue el primer académico y erudito versado en filosofía y ciencias en arribar al Nuevo Reino de Granada y en interesarse por el vasto entorno natural del trópico americano pues, antes que él, muchos otros europeos, ya fuese como cronistas o viajeros o como funcionarios o como misioneros y evangelizadores, habían sentido la fascinación del nuevo continente;¹¹² pero sí le cabe a Mutis el mérito de haber sido el primer intelectual ilustrado en hacer del Nuevo Reino de Granada su hogar y su epicentro de actividades y en haber consolidado toda una escuela científica en la que se formaron personajes como Caldas.¹¹³

A todas luces, Mutis era un ilustre representante de las nuevas concepciones filosóficas y epistemológicas que estaban transformando la mentalidad europea y, por lo tanto, le cabe a él el mérito de inaugurar el capítulo de la 'ciencia moderna' en el Nuevo Reino de Granada; antes de él y de su ingente labor como creador y director de la Real Expedición Botánica, en el entorno intelectual del reino, el saber sobre la naturaleza y la aproximación científica a los fenómenos naturales siempre habían estado supeditados al dogma eclesiástico y a los cánones metafísicos y teológicos que se entronizaron como conocimiento verdadero durante siglos y relegaron a cualquier otro tipo de pensamiento no dogmático a un mero lugar de curiosidad. Así, resulta evidente que la llegada de Mutis significó un momento de inflexión en el que, por primera vez, el pensamiento dogmático y el saber estático que imperaban en los pocos centros de enseñanza existentes (todos sin excepción bajo control de las poderosas órdenes religiosas) se vieron confrontados a las nuevas filosofías y a los nuevos modos del pensamiento ilustrado que habían hecho de la ciencia moderna newtoniana el

¹¹² Como estudio sobre la historiografía de indias, véase: BARBA, Francisco. *Historiografía Indiana*. Editorial Gredos. Madrid. 1992. Y, como análisis sobre la 'formación imaginada' de un 'Nuevo Mundo' y las implicaciones mentales, culturales y antropológicas de este proceso, véase: O'GORMAN, Edmundo. *La invención de América*. Fondo de Cultura Económica. México. 1986. Y: RABASA, José. *Inventing America. Spanish historiography and the Formation of Eurocentrism*. University of Oklahoma Press. London. 1993

¹¹³ "Así, antes del sabio José Celestino Mutis y de sus coexpedicionarios, creemos que circularon en los territorios de la Nueva Granada otros viajeros eventualmente ilustrados que, en torno a su labor evangelizadora, buscaron descubrir y describir nuevos mundos a la manera de Américo Vespucio. Entre todos ellos se encuentran los cronistas jesuitas de los siglos XVI, XVII y XVIII, quienes fueron además agudos naturalistas de tradición posaristotélica, aplicando su entendimiento a la descripción de animales y plantas, a la etnología, a la orografía, a la hidrografía y a la astronomía. Las misiones jesuitas, tanto como sus colegios y universidades en las principales villas y ciudades, fueron el lugar de incubación de las libertades del intelecto, principalmente para la mente de sus gestores." BERNAL, Jaime. GÓMEZ, Alberto. *A impulsos de una rara resolución. El viaje de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada, 1760-1763*. p.227.

paradigma por excelencia en lo relativo al conocimiento humano y a la comprensión racional y mecanicista de los fenómenos de la naturaleza.

La posterior decisión de Mutis de quedarse a vivir para siempre en el Nuevo Reino de Granada y su consagración como la figura académica y científica más relevante del reino, hicieron que este proceso de recepción y florecimiento del pensamiento científico moderno se profundizase en los ámbitos académicos aristocráticos en donde se educaban los criollos privilegiados. Una vez arraigada con fuerza la semilla de las ciencias, el pensamiento racional ilustrado floreció en los círculos cultos del virreinato y en la mente de los jóvenes y entusiastas discípulos de Mutis que, estimulados siempre por el ejemplo del maestro, terminaron por configurar la gran empresa científica de la Expedición Botánica y por generar una revolución política y cultural de inmensas proporciones.

Puede afirmarse que el punto culminante de este velado antagonismo intelectual entre conservadurismo e ideas ilustradas tuvo lugar el 13 de marzo de 1762 en Santafé cuando el ya muy admirado José Celestino Mutis asumió la cátedra de matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario y presentó, en esa ocasión solemne, un *Discurso inaugural* en donde, por primera vez en la historia del virreinato, se expusieron académicamente los lineamientos generales de la ciencia moderna newtoniana y del método experimental.

Para el joven médico y naturalista recién llegado a América - entusiasmado con el inmenso horizonte de posibilidades investigativas que había en el entorno natural que estaba empezando a explorar y a conocer desde su arribo a Cartagena -, la apertura del curso universitario resultaba la ocasión idónea para empezar a difundir en la colonia las nuevas filosofías haciendo énfasis, en especial, en las ideas ilustradas en relación a la necesidad de las ciencias físicas y naturales.

Como importante enunciación de principios al querer contrastar entre ciencias prácticas y útiles (tan caras al espíritu ilustrado) y filosofías metafísicas y abstractas (tan del agrado del academicismo religioso y dogmático), el discurso en cuestión comenzaba haciendo una exaltación de la utilidad práctica de las matemáticas:

“La utilidad de una ciencia parece ser el motivo que más obliga a cultivarla con algún empeño; y siendo tan manifiestas para el mundo sabio las utilidades de las matemáticas, no es de extrañar que muchos hombres a competencia hayan rodado en esta parte por todos los siglos con mejor fortuna que en las otras ciencias. [...] ¿Qué nuevo les es decir, que todos los hombres deberían instruirse en las matemáticas? Pues es bien cierto. Rústicos, ciudadanos, plebeyos, cortesanos, militares, artífices, sabios, seculares, eclesiásticos, todos en una palabra de cualquiera condición y estado deberían aplicarse a un estudio tan útil. ¿Por qué se ha de juzgar ajeno de algunos ministerios, facultades, ejercicios, lo que es extremadamente útil a todos los destinos a que fuere llamado el hombre?”¹¹⁴

¹¹⁴ MUTIS, José Celestino. *Discurso pronunciado por el doctor José Celestino Mutis, en la apertura del curso de Matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Marzo 13 de 1762.* Transcrito íntegramente en: GONZÁLEZ, Marcos. *Francisco José de Caldas y la Ilustración en la Nueva Granada.* Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1985. pp.138-144. pp.138-139.

Es importante aclarar que la denominación escueta de *Matemáticas*, dentro del contexto, no se restringía a la práctica de algunas habilidades básicas de cálculo o al aprendizaje de algunas fórmulas aritméticas útiles sino que, dadas las dinámicas filosóficas y científicas de la época, el término *Matemáticas* englobaba en sí mismo el poderoso conjunto de conocimientos y técnicas a los que la razón humana podía acudir para comprender el universo.¹¹⁵

De esta manera, el discurso de Mutis empezaba enunciado la primacía indiscutible de las *Matemáticas* como fundamento mismo de la razón y de las diversas ramas y disciplinas científicas que debían acudir a ella como el lenguaje omnipresente, racional e inteligible, de la naturaleza.¹¹⁶ Esta prevalencia epistemológica de las *Matemáticas* y, consecuentemente, de las ciencias físicas y naturales sobre cualquier otra área o disciplina académica (como podían serlo la metafísica, la teología, la silogística escolástica o la hermenéutica bíblica) no se debía a razones de autoridad o de tradición o de dogmatismo (tan de uso en el ambiente medieval y colonial) sino que respondía a estrictas y evidentes razones filosóficas respaldadas por los innegables y asombrosos éxitos que las ciencias físicas y naturales habían alcanzado desde los siglos XVI y XVII.¹¹⁷

Tras enunciar de manera contundente la necesidad perentoria de incentivar el estudio y el aprendizaje de las *Matemáticas* tanto dentro de los claustros académicos como en los ámbitos inmediatos de la vida cotidiana del reino, Mutis, como heredero y partícipe del pensamiento ilustrado y de la pujante ciencia moderna, prosiguió su discurso inaugural haciendo una alabanza prolija de las grandes figuras científicas contemporáneas que tan asombrosos y desconocidos caminos habían abierto a la mentalidad de los hombres de ciencia desde algunas generaciones atrás:¹¹⁸

“Cansados ya los filósofos en el siglo pasado de trabajar inútilmente sobre la filosofía de los siglos anteriores, creyeron mejorar de fortuna rompiendo el yielo por otro lado. Nacieron varios sistemas, que si no los mejores para el descubrimiento de las verdades que se prometían hallar y fueron ciertamente los más oportunos para debilitar la reputación de la secta dominante. A pocos esfuerzos y en breves días lograron desvanecer el alto concepto de una filosofía que estuvo de asiento en las escuelas por muchos

¹¹⁵ “Debemos aclarar que no se trataba en realidad – como se podría suponer – de recibir clases de aritmética, que los jóvenes habrían ya aprendido en su escolaridad temprana, ni de álgebra y trigonometría, por las que la mayoría nunca se interesaría mirando por la borda al inmenso mar. Las matemáticas eran, para Mutis y sus contemporáneos, las ciencias que se componían a su vez de disciplinas como medicina, física, geografía y astronomía. Eran, pues, la ciencia madre, tal y como las habían concebido los antiguos griegos y venían de reformular, entre otros grandes, Descartes, Galileo y Newton. Eran, en síntesis, el fundamento de la razón y de la Ilustración.” GÓMEZ, Alberto. “Apuntes biográficos y cronología académica de José Celestino Mutis.”. En: *Revista Cultural de Santander*. Número 10. 2015. pp.136-149. pp.141-142.

¹¹⁶ Compárese el argumento de Mutis con las famosas palabras de Galileo transcritas en el capítulo 9 en la nota al pie número 543.

¹¹⁷ Como libro de contexto sobre el surgimiento de la ciencia moderna, véase: ROSSI, Paolo. *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Crítica. Barcelona. 1998.

¹¹⁸ Como completo estudio sobre la recepción de la ciencia newtoniana en el Nuevo Reino de Granada, véase: VASCO, Carlos. OBREGÓN, Diana. OROZCO, Luis. [Coordinadores]. *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993. En especial el Tomo II: ARBOLEDA, Luis Carlos. ARIAS, Jorge. ESPINOSA, Armando. *Matemáticas, Astronomía y Geología*. Y allí: “Capítulo 2. Mutis y la enseñanza de las matemáticas.” pp.29-67. “Capítulo 3. Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)” pp.69-91.

siglos. Los grandes patronos que tuvo en todos los tiempos la filosofía del grande Aristóteles, bien que precisados a acomodarse al gusto corriente de su siglo, la hicieron respetable sobre sus méritos. [...]

Si todos los sabios se hubiesen destinado a no fingir, sino a buscar los movimientos de la naturaleza por la observación hubiera sido más corto el camino para hallar la verdad. El camino está ya abierto en nuestros días y son imponderables los aumentos que ha recibido la física por el grande Newton, y sus esclarecidos secuaces Gravesande, Munschenbroek y Nollet,¹¹⁹ entre otros igualmente acreedores a las mayores alabanzas. ¿Y quién dudará que todo el aumento de la filosofía experimental le ha venido por las observaciones, experimentos y la justa aplicación de las matemáticas? Los matemáticos más insignes del pasado y presente siglo han ilustrado la física con las demostraciones y varios cómputos analíticos propios a descubrir muchas verdades que se hallaron después acordes con las experiencias."¹²⁰

El asunto bien podría haber terminado allí, sin mayores implicaciones, como el llamamiento de un académico moderno a una apertura de pensamiento en el ámbito colonial hacia las tendencias filosóficas, epistemológicas y científicas que estaban floreciendo en Europa desde los siglos XVI y XVII; pero el *Discurso inaugural* de Mutis no cayó bien en ciertos círculos eclesiásticos que vieron en la figura del joven médico gaditano recién llegado al virreinato una amenaza hacia el estatismo mental - dogmático y religioso - reinante en el ambiente académico colonial.

La Orden de Predicadores o, lo que es lo mismo, la Orden de los dominicos, que regentaba en su mayor parte la educación colonial impartida en los pocos claustros de educación superior del reino, sintió que el llamado de Mutis a filosofías contemporáneas y a pensadores y científicos de vanguardia podían constituir un serio motivo de preocupación pues esas nuevas tendencias, altisonantes y mecanicistas, bien podían acercarse a terrenos heréticos o podían ser germen de rebeldías filosóficas contra los saberes y los dogmas claramente establecidos desde hacía siglos.¹²¹ De hecho, la Orden de los Predicadores (o dominicos), a quienes se llamaba los "Domini Canes" o "Perros del Señor",

¹¹⁹ Mutis hace referencia a: **Willem Jacob's Gravesande** (1688-1742), filósofo y físico holandés; seguidor y divulgador de la física newtoniana, su obra más importante es *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam* (Elementos matemáticos de Filosofía natural, confirmados con experimentos, o Una introducción a la filosofía newtoniana), publicada en 1720; es reconocido como el descubridor de la energía cinética y desarrolló también una teoría físico-matemática sobre la mecánica de los cuerpos que chocan. **Pieter van Musschenbroek** (1692-1761) fue un reconocido médico y físico holandés; en Inglaterra, asistió a algunas lecciones impartidas por Isaac Newton en persona; es recordado por sus experimentos y, gracias a ellos, por el descubrimiento de la llamada *Botella de Leyden* que es considerada como el antecedente de los modernos condensadores eléctricos. **Jean Antoine Nollet** (1700-1770), sacerdote y físico francés autor del libro *Lecciones de física experimental* publicado en 1743; ideó y construyó los primeros electroscopios y descubrió la difusión de los líquidos analizando también la difusión del sonido en medios acuosos.

¹²⁰ MUTIS, José Celestino. *Discurso pronunciado por el doctor José Celestino Mutis, en la apertura del curso de Matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*. Marzo 13 de 1762. pp.141-142.

¹²¹ En relación a la problemática introducción de la ciencia moderna newtoniana en el ambiente académico del Nuevo Reino de Granada durante la segunda mitad del siglo XVIII, véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. "Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)" En: VASCO, Carlos. OBREGÓN, Diana. OROZCO, Luis. [Coordinadores]. *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993. Tomo II. Capítulo 3. pp.69-91. Y también: SILVA, Renán. *Los ilustrados de Nueva Granada, 1760-1808. Genealogía de una comunidad de interpretación*. En especial, el apartado 3.1 del Capítulo 1 de la Primera Parte, titulado "La difusión inicial de un nuevo modelo de verdad: el llamado modelo newtoniano." pp.50-62.

constituía, desde el siglo XIII, uno de los brazos más fuertes y temidos de la Iglesia católica pues, en la práctica, eran los monjes dominicos los que manejaban la institución de la Inquisición que, para el siglo XVIII, ya contaba con un largo historial de cinco siglos de persecuciones, censuras y ejecuciones y que en América había prolongado su dominio moral y político instituyendo y gobernando tanto el intimidante tribunal del Santo Oficio como la mayor parte de las instituciones educativas del reino.¹²²

Consecuentemente, y ciñéndose a su ortodoxia acostumbrada, la orden religiosa de los dominicos vio con malos ojos que el recién desembarcado Mutis, tan impregnado de nuevas filosofías (algunas de ellas con tinte de herejía en relación a la más estricta ortodoxia), empezase a promulgar desde la cátedra universitaria las bondades del pensamiento científico y la obra de autores que aún eran vistos con recelo en los círculos eclesiásticos tales como Copérnico, Galileo y Newton. Además, la Orden dominica prácticamente monopolizaba la educación superior en el Nuevo Reino de Granada pues de las escasas cuatro Universidades o Colegios Mayores que había en Santafé en el siglo XVIII, dos de ellas, la Universidad de Santo Tomás (fundada en el año de 1580) y el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario (fundado en 1653), habían sido fundados y pertenecían a la Orden que, como es lógico, regentaba ambas instituciones y ejercía un férreo control en relación a las materias y los contenidos impartidos y en cuanto a los libros y autores permitidos y estudiados.¹²³

A todas luces, el episodio en cuestión muestra la manera como el pensamiento ilustrado (y, por ende, el pensamiento científico de la modernidad) tuvo que enfrentarse duramente al quietismo colonial y al dogmatismo imperante en el Nuevo Reino de Granada.

Al final, diez años más tarde - para el año de 1772 - la Orden dominica incluso quiso adelantar un proceso inquisitorial condenatorio contra Mutis (sin importar que éste era ya una de las figuras más relevantes del reino), por haber seguido promulgando las nuevas filosofías y enseñando ciencias sin atenerse a la ortodoxia y al estricto conservadurismo colonial; aún más, durante los años transcurridos desde su llegada al reino, el ya llamado 'Sabio Mutis' había empezado a rodearse de una cohorte de jóvenes discípulos aristócratas, vástagos de familias ilustres, que participaban con entusiasmo de las ideas progresistas del maestro y que se sentían atraídos también por la filosofía de la Ilustración y que, peligrosamente, empezaron a pensar y a promulgar que el pensamiento ilustrado no debía circunscribirse solamente a disquisiciones filosóficas y al trabajo de las ciencias sino que debía trascender al plano social y político y promover cambios de fondo a todo nivel. No obstante el recelo y los prejuicios del pensamiento dogmático tradicional, las fuerzas de la historia y el ímpetu de las nuevas ciencias resultaron incontenibles.¹²⁴

¹²² Como recuento histórico general en torno al tema de la inquisición, véase: DE LA TORRE, José. *Breve historia de la Inquisición*. Ediciones Nowtilus. 2014. En cuanto a estudio específico sobre la Inquisición en España: KAMEN, Henry. *La Inquisición española: una revisión histórica*. Editorial Crítica. Barcelona. 1999. Y, en el contexto puntual del Nuevo Reino de Granada: BORJA, Jaime. *Rostros y rastros del demonio en Nueva Granada*. Editorial Ariel. Santafé de Bogotá. 1998.

¹²³ Las otras dos instituciones de educación superior que había en la ciudad en el siglo XVIII eran: el Real Colegio Mayor y Seminario de San Bartolomé (fue fundado en 1604 y pertenecía la Orden Jesuita) y el Colegio de San Buenaventura (fue fundado en 1715 y pertenecía la Orden Franciscana).

¹²⁴ "Los dominicos, en 1772, pretendieron que el joven médico, naturalista, laico, fuera condenado por la Inquisición de Cartagena influida por sujetos de su Orden, pero Mutis se defendió ante el virrey Guirior, ante los tribunales inquisitoriales de Cartagena y ante el Supremo de Castilla, los cuales declararon que el sistema de Copérnico no podía ser censurado por cuanto una cédula real había

Fue así como poco a poco el pensamiento ilustrado y el espíritu científico fueron floreciendo en el Nuevo Reino de Granada a finales del siglo XVIII y conquistando espacios académicos y sociales dentro de la mentalidad colonial a la que le costó mucho desprenderse del pensamiento escolástico y del recelo dogmático que despertaban todas esas novedades de sabios, filósofos y científicos.

Y aunque en esos años transcurridos en Santafé, Caldas no tuvo ningún contacto personal con Mutis más allá de la eventualidad de reconocerlo como personaje famoso y de verlo en algunas ceremonias o trámites académicos, civiles o eclesiásticos:

“¡Oh Dios! ¿Por qué hacerme conocer tan tarde a hombre tan grande? Yo mismo me irrito contra mi encogimiento de no haberme llegado a tan buen padre en 1796, en que pude hacerlo en Santafé. Entonces sí merecería los elogios que hoy me prodiga el amor y amistad. Ilustre sabio, recibe mi alma, recibe mi corazón: esto tengo, esto os doy.”¹²⁵

Lo cierto es que, en medio de todo ese proceso de agitación intelectual y de transformación mental, se encontró el joven Francisco José de Caldas quien, si bien nunca recibió una formación formal o institucional como ‘científico’ o como ‘filósofo natural’, sí tuvo la oportunidad de ser testigo de los tiempos que corrían en la Santafé de finales del siglo XVIII y de sumergirse en el ambiente de cambio y de interés por las ciencias y las nuevas filosofías; y aunque Caldas en sus años de estudiante en Santafé tampoco llegó a vincularse activamente en estos círculos académicos y científicos que florecían en la capital del reino, lo realmente importante es que el espíritu ilustrado ya había ganado en él a un ferviente discípulo que llevó el legado personal e intelectual de Mutis y de Restrepo y el espíritu científico de la Expedición Botánica a las cotas más altas en lo relativo a la historia de la ciencias en el virreinato del Nuevo Reino de Granada.

Y aparte de las vicisitudes de Mutis y Caldas, los importantes cambios ideados como parte del gran proyecto ilustrado siguieron su curso y uno de los puntos neurálgicos a los que se apuntó como prioridad fue el de lograr una reforma significativa del sistema educativo pues era evidente el impacto social y político que la enseñanza había tenido durante la colonia y el papel protagónico que debía tener la práctica pedagógica en la construcción de nuevos paradigmas ideológicos, políticos, sociales y culturales.

prescrito que se enseñaran en universidades y colegios las teorías de Newton, que suponen la rotación heliocéntrica.” PÉREZ, Enrique. José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada. Capítulo VIII. pp.87-88.

¹²⁵ Carta 74 de Noviembre 7 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.213. Caldas y Mutis sólo llegaron a conocerse - de manera epistolar -, en agosto de 1801 cuando Mutis, desde Santafé, contactó a Caldas y le envió a Popayán, como obsequio, dos barómetros y algunos libros de Linneo además de mostrarse muy interesado en sus trabajos. Tras la distinción de Mutis de agregar a Caldas como miembro de la Expedición Botánica, la amistad y colaboración entre ambos se afianzó - siempre por carta - mientras Caldas residía en Quito entre 1801 y 1805. Se conocieron personalmente cuando Caldas llegó a residir a Santafé en 1805 y fueron cercanos hasta la muerte de Mutis en 1808.

3.4 - La reforma del sistema educativo.

Al relacionar cronológicamente la vida de Francisco José de Caldas con el trasfondo social de su época, se hace evidente que sus años de aprendizaje y formación coincidieron con los primeros destellos del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada pues, con bastante certeza, puede afirmarse que el lapso comprendido entre 1760 y 1790 enmarcó la llegada de las ideas ilustradas al entorno colonial del virreinato. Gracias a la iniciativa intelectual de algunos personajes como Mutis, Restrepo y el virrey Caballero y Góngora (que ocupó el cargo entre 1782 y 1789), germinaron las primeras semillas de cambio y renovación pues fueron ellos, en principio, quienes jalónaron el proceso de recepción y asimilación de las nuevas doctrinas dentro del contexto colonial.

El primer propósito al que apuntaron y al que se consagraron con su ejemplo personal - en el caso de Mutis y Restrepo - fue el de lograr una transformación profunda de las prácticas pedagógicas coloniales pues entendieron que era necesario, si se pretendía estar en consonancia con las dinámicas ideológicas que florecían en Europa por aquellos años, transformar el anticuado sistema académico caracterizado por su rigidez, inutilidad general y obsoletos métodos de enseñanza.

El sistema educativo que se pretendía reformar - y que había imperado en el entorno colonial desde los tiempos de la conquista -, había sido creación y monopolio absoluto de las poderosas comunidades religiosas y se basaba en la repetición estéril de contenidos abstrusos, dogmáticos y anticuados inspirados en la tradición escolástica medieval y parecía más enfocado en formar eruditos en abstracciones teológicas y metafísicas que en inculcar una enseñanza práctica inspirada en las ciencias útiles que tanta falta hacían para el desarrollo material y social del reino. Para las mentes ilustradas que empezaban a observar y a cuestionar el entramado social, político, económico e intelectual del virreinato, resultaba primordial intentar desarrollar un nuevo modelo educativo que se inspirase en los ideales de inteligencia, racionalidad y cientificidad que promulgaban los filósofos ilustrados y en el que tuviese cabida la enseñanza de las ciencias y demás disciplinas útiles para la vida y, también, en el que se incentivase la discusión racional de los argumentos.

Estos anhelos de reforma empezaron a concretarse gracias a la práctica docente de Mutis como catedrático de matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en Santafé a partir de 1762 y como director de la Expedición Botánica en el lapso comprendido entre 1783 y 1808 y, en Popayán, gracias a la labor pedagógica de Restrepo - entre 1782 y 1811 en el real Colegio Seminario de San Francisco de Asís.

Para la generación de los criollos ilustrados, la educación constituía uno de los pilares indispensables de cualquier proyecto político pues consideraban que era imposible inculcar a la sociedad los nuevos valores morales, políticos e intelectuales del proyecto ilustrado sin que éstos constituyesen el núcleo de las prácticas pedagógicas que estaban destinadas, desde la infancia, a formar los nuevos ciudadanos de las repúblicas progresistas que reemplazarían a las obsoletas monarquías y a los caducos códigos mentales de la escolástica y el oscurantismo medievales sobre los cuales se había edificado el mundo colonial.

En opinión de Caldas, la mala educación o la carencia de ésta, podía generar gravísimas consecuencias en lo relativo a la moral y socavar los cimientos mismos de la sociedad avocando a los individuos, independientemente de su sexo o condición, a una indignidad moral y material rayana con la bestialidad:

“Las jóvenes, que no son en poco número, piden quizá con más justicia recogimiento y ocupación. El ánimo se horroriza al contemplar las funestas consecuencias que vienen a esta mitad del género humano cuando se le deja sin freno y sujeción. De la ociosidad viene la miseria, de aquí la prostitución, y ¿de ésta? ¡Ah! Separemos de nuestros ánimos objetos tan tristes, ocasionados únicamente del poco caso que se hizo de su educación en los primeros años.

Las pasiones se avivan con satisfacerlas, y poco a poco van adormeciendo y perdiendo los sentimientos de religión y honestidad, y cuando menos lo pensamos nos hallamos con unas viciosas y escandalosas, que pasan sus días alimentadas de delitos, y vienen a reducirse al infeliz estado de granjear el sustento a costa de la virtud y honestidad. ¡Tan grandes son los daños que ocasiona la mala educación!”¹²⁶

Además de los perniciosos efectos morales y sociales aparejados a una educación deficiente o inexistente, había aspectos prácticos que resultaban evidentes para finales del siglo XVIII: el reino parecía estar sumido en un estado casi feudal en el que se echaban de menos profesiones con aplicaciones positivas que pudiesen favorecer el desarrollo material y económico de las diferentes villas y provincias. Mientras las instituciones académicas - establecidas y regidas por órdenes religiosas desde el siglo XVI - insistían en la enseñanza de saberes abstractos tales como la teología, la filosofía escolástica, la silogística aristotélica y el derecho canónico y se consagraban a salvaguardar el *statu quo* social y el anquilosamiento intelectual, no existían en el virreinato colegios o escuelas en los que se impartiesen cursos de materias y saberes prácticos que, a partir del estudio básico de las ciencias físicas y naturales, pudiesen propiciar el progreso general y transformar al reino en su conjunto.

Pero, a pesar de los buenos deseos y de las necesidades acuciantes del virreinato, ciencias y disciplinas como la mineralogía, la topografía, la meteorología, la astronomía, la química, la botánica o la zoología, que hubiesen resultado tan pertinentes y rentables para el conocimiento del territorio y para la explotación mejorada de los valiosísimos e inagotables recursos naturales del reino, no tenían ninguna cabida en los currículos de los claustros académicos y eran por completo desconocidas pues se limitaban a ser una mera curiosidad y una afición excéntrica de eruditos como Mutis, Restrepo y el mismo Caldas.

El conocimiento y estudio sistemático de la astronomía, la mineralogía, la geografía y la cartografía, por ejemplo, hubiesen permitido levantar mapas y cartas geográficas precisas de las diversas regiones hasta llegar a la elaboración de un gran Atlas General del Reino en el que apareciesen perfectamente descritos los diferentes ámbitos geográficos del territorio con sus características geológicas y

¹²⁶ Carta 3 de Febrero 5 de 1793 dirigida al Señor Diego Antonio Nieto, Gobernador y Comandante General de Popayán. p.33.

meteorológicas y con la descripción pormenorizada de sus tesoros minerales, botánicos y zoológicos particulares. Una obra magna de tal envergadura y características hubiera podido llegar a incluir una guía detallada de las rutas entre pueblos y provincias (vitales para el comercio); además, si la educación virreinal hubiera entendido las necesidades del reino, hubiera incentivado también como prioridad el estudio sistemático de la cartografía para capacitar a los funcionarios del gobierno de tal manera que hubiesen podido levantar croquis y planos precisos que representaran en detalle las trochas y caminos y describieran también las vías fluviales sobre ríos y mares (incluyendo sus variaciones estacionales) para beneficio de los habitantes, comerciantes y gremios del virreinato. Aún más, un trabajo de tal envergadura e importancia bien hubiera podido incluir un detallado trabajo antropológico en el que, a manera de diario de cuadros y costumbres, se ofreciese un compendio general de la cultura propia de las poblaciones correspondientes a cada región particular.

Para los criollos ilustrados resultaba evidente, desde mediados del siglo XVIII, el dramático grado de deterioro material y político del reino en su conjunto que, a sus ojos, parecía condenado no sólo a las políticas obsoletas de la Corona Española y al abandono y a la desidia de sus gobernantes sino también, lo más grave, al oscurantismo académico y a la ignorancia de las disciplinas científicas y prácticas que tanto hubieran podido contribuir al progreso general.

Sin embargo, a pesar del quietismo secular de la sociedad colonial, para finales del siglo XVIII se empezaron a vislumbrar en el horizonte ciertos indicios de que la Corona Española estaba interesada en implementar una serie de reformas administrativas y ajustes políticos en sus posesiones coloniales con miras a lograr una modernización del imperio y una optimización en el aprovechamiento de los inmensos recursos naturales americanos que redundase, a su vez, en una mejora significativa de la economía general del imperio español.

Desde el prolongado reinado del rey Carlos III (1716-1788) - quien ocupó el trono desde 1759 hasta su muerte en 1788 - la monarquía española (si bien nunca estuvo dispuesta a negociar el origen divino de su gobierno y su derecho real sobre todos los territorios, bienes e individuos del imperio español) empezó a acoger ciertos planteamientos filosóficos y políticos del movimiento ilustrado que, de implementarse por designio real, quizá hubieran podido redundar en beneficios tangibles para la población, el reino y la Corona.¹²⁷

Poco a poco, estas ideas reformistas empezaron a tener repercusiones pragmáticas en el manejo político y administrativo de las colonias españolas propiciando la paulatina introducción e implementación de reformas importantes:

El papel protagónico de la Iglesia católica empezó a menguar (y eso incluyó el declive de la otrora temible Inquisición) y su omnipotente poder y control sobre los centros de enseñanza y sobre los contenidos impartidos se vio limitado a favor de una educación más laica que permitiese la introducción de saberes científicos.

¹²⁷ Sobre la figura del rey Carlos III y su gobierno en relación al contexto europeo ilustrado del siglo XVIII, véase: GÓMEZ, Ignacio. *El Reino de las Luces. Carlos III entre el Viejo y el Nuevo Mundo*. Alianza Editorial. 2009.

Se buscó, a su vez, un mayor fomento de la producción y el comercio de las colonias y la Corona vio con buenos ojos el designar como virreyes de los inmensos territorios ultramarinos a personajes con una mentalidad más moderna y progresista.

Uno de estos funcionarios de avanzada, partícipe de las novedosas ideas ilustradas, fue el arzobispo y virrey Caballero y Góngora quien se preocupó por diseñar e implementar una reforma contundente de la enseñanza colonial que implicase, primero, un acercamiento entre la academia y los problemas y las necesidades reales del reino y de la población y, segundo, una apertura racional a los saberes científicos. Haciendo honor a su fama de estudioso afín a muchos de los planteamientos de la Ilustración europea, el virrey quiso ir más allá de las meras especulaciones filosóficas y emprendió una serie de reformas y empresas concretas con miras a modernizar la administración del reino: en 1783 estableció la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada y, en 1787, decidió dar continuidad a una reforma del sistema educativo que había sido esbozada y propuesta en 1774.

Así, es posible reseñar dos intentos de reforma al sistema educativo del virreinato tomando como inspiración tanto el movimiento filosófico de la Ilustración y su espíritu de enciclopedismo como las reformas borbónicas que eran impulsadas y promulgadas por la Corona Española como un mecanismo político de progreso y transformación:

El primer intento que se hizo en el virreinato con miras a transformar el sistema educativo tuvo lugar en 1774 con la presentación, ante la Junta Superior de Aplicaciones, del *Método provisional e interino de los estudios que han de observar los colegios de Santa Fe, por ahora y hasta tanto que se erige Universidad Pública o su majestad dispone otra cosa*¹²⁸ de autoría de Francisco Antonio Moreno y Escandón.¹²⁹ Este *Plan de estudios generales* tenía como objetivo superar las metodologías medievales aún vigentes y el paradigma escolástico que todavía regía la educación colonial y propiciar la implementación de asignaturas útiles y prácticas de tendencia científica que incentivasen en los estudiantes el pensamiento crítico y racional a partir de estimular la observación y la experimentación. Se recomendaba de manera perentoria la enseñanza de las ciencias naturales para disipar con ellas el dogmatismo y la irracionalidad de la superstición; además, el aprendizaje de las ciencias repercutiría

¹²⁸ Para consultar directamente la fuente primaria, véase: MORENO Y ESCANDÓN, Francisco Antonio. *Plan de estudios y Método provisional para los colegios de Santa Fe (1774)*. En: HERNÁNDEZ DE ALBA, Guillermo [compilador]. *Documentos para la historia de la educación en Colombia*. 7 Volúmenes. Patronato Colombiano de Artes y Ciencias. Editorial Kelly. Bogotá. 1969-1986. Volumen 4. pp.195-227. Y, como estudio específico sobre el tema: SOTO, Diana. *La reforma del Plan de Estudios del fiscal Moreno y Escandón 1774-1779. Cuadernos para la historia del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*. Centro Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2004. VALENCIA, Carlos. LOAIZA, Yasaldez. "Plan de estudios generales de Moreno y Escandón.". En: *Revista Historia de la educación colombiana*. Volumen 5. Fascículo 1. 2002. pp.9-23.

¹²⁹ **Francisco Antonio Moreno Díaz y Escandón** (1736-1792) era un reconocido criollo de ascendencia española que, desde muy joven, destacó académicamente como estudiante en el Colegio Seminario de San Bartolomé de la ciudad de Santafé y, posteriormente, bajo la enseñanza de los jesuitas, obtuvo los grados de bachiller y de maestro de filosofía aunados a títulos en teología y en jurisprudencia civil y canónica llegando a ser, tras titularse, profesor de esas mismas cátedras. Posteriormente, como abogado, se vinculó a la política y ocupó importantes cargos tales como el de Procurador General, Fiscal protector de indios y Alcalde Ordinario de Santafé entre 1761 y 1762. Para una semblanza biográfica, véase: MARROQUÍN, José Manuel. *Biografía de don Francisco Antonio Moreno y Escandón*. En: *Boletín de Historia y Antigüedades*. Volumen XXIII. Bogotá. 1936. pp.529-546

positivamente en las artes y los oficios, la agricultura y el comercio, y traería desarrollo y prosperidad al reino en su conjunto.

El segundo plan de reforma escolar que se propuso a la Audiencia de Santafé fue el *Plan de universidad y estudios generales* ideado por el virrey Caballero y Góngora en el año de 1787 que retomaba muchos de los elementos del *Plan de estudios generales* propuesto por Moreno y Escandón trece años antes e incluía nuevos elementos reformistas tales como la propuesta de instituir una Universidad Pública patrocinada por el gobierno que estuviese dirigida a la instrucción civil de la población en general. Este nuevo plan insistía en la necesidad de incentivar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales prestando especial interés, dentro de éstas, a las ‘disciplinas útiles’ como las matemáticas, la historia natural, la botánica, la geografía, la mineralogía y la medicina. Por lo demás, se asumía que un nuevo plan de estudios de tales características exigía también la creación de dependencias anexas a la Universidad tales como un Jardín Botánico y un Museo de Historia Natural.

Para el año de 1789, el arzobispo virrey terminó su mandato y - siguiendo la tradición establecida - entregó a su sucesor una *Relación de Mando* a manera de síntesis personal de su administración en la que quiso dejar constancia de la reflexión que había alentado su propuesta de reforma al sistema educativo; en dicho documento hacía referencia al plan de reforma de 1774 diciendo:

“Todo el objeto del plan se dirige a substituir las útiles ciencias exactas en lugar de las meramente especulativas, en que hasta ahora lastimosamente se ha perdido el tiempo; porque un Reino lleno de preciosísimas producciones que utilizar; de montes que allanar; de caminos que abrir, de pantanos y minas que desecar, de aguas que dirigir, de metales que depurar, ciertamente necesita más de sujetos que sepan conocer y observar la naturaleza y manejar el cálculo, el compás y la regla, que de quienes entiendan y discutan el ente de razón, la primera materia y la forma substancial.”¹³⁰

Si bien ambos proyectos recogieron en su momento lo mejor del espíritu ilustrado y se hallaban en sintonía con los movimientos y las filosofías más progresistas que florecían en Europa, estos propósitos de modernización y secularización de la educación terminaron siendo irrealizables dentro del contexto material e ideológico del virreinato. Al final, triunfaron la inercia de la tradición, el quietismo ideológico y el conservadurismo que siempre caracterizaron a la mentalidad colonial... la burocracia y las enormes dificultades administrativas que aquejaron al virreinato durante toda su existencia se manifestaron una vez más y, si bien el *Plan* fue acogido en su conjunto y se ‘decretó’ su puesta en práctica, el asunto nunca llegó a ser aprobado a cabalidad por la Corona y terminó marchitándose entre legalismos vacíos, papeleos interminables y trámites estériles. Las reformas

¹³⁰ CABALLERO Y GÓNGORA, Antonio. *Relación de mando*. En: POSADA, Eduardo. IBÁÑEZ, Pedro. *Relaciones de mando: memorias presentadas por los gobernantes del Nuevo reino de Granada*. Biblioteca de historia nacional. Volumen VIII. Imprenta nacional. Bogotá. 1910. p.228.

educativas soñadas por la generación ilustrada neogranadina tuvieron que esperar hasta bien entrado el siglo XIX para verse apenas imperfectamente materializadas.¹³¹

3.5 - La Imprenta y la Prensa en el Nuevo Reino de Granada.

Otra de las manifestaciones del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada a finales del siglo XVIII fue el interés de la élite criolla por propiciar el surgimiento y desarrollo de los medios materiales y prácticos a través de los cuales se pudiesen divulgar las nuevas ideas.

Resultaba evidente que si se quería lograr una transformación social e ideológica de la población en general, necesariamente tendrían que hallarse los medios económicos y materiales para consolidar un ambiente cultural en el que fuese posible encontrar, adquirir y compartir tanto como fuera posible los libros de filosofía, de ciencia y de literatura que promulgaban las nuevas ideas ilustradas. También era primordial que empezaran a circular obras divulgativas asequibles que, en términos prácticos, ilustrasen a todos aquellos que, al margen de la educación eclesiástica oficial, quisieran instruirse a sí mismos en cuanto a las vanguardias filosóficas y políticas o en disciplinas técnicas y científicas prácticas y rentables.

Puesto que en los inmensos territorios de la América española los libros siempre habían sido objetos de lujo sumamente escasos y costosos y el acceder a ellos resultaba prácticamente imposible - ya fuese por su precio o, las más de las veces, porque simplemente no había ejemplares de la mayoría de las obras relevantes - para los criollos ilustrados resultaba primordial el que se auspiciase la creación y el mantenimiento de bibliotecas públicas sufragadas íntegramente por el estado en las que fuese posible hallar y consultar - ojalá sin el freno de la censura eclesiástica - las grandes obras del pensamiento y de la tradición.

A su vez, era muy importante que - siguiendo el ejemplo europeo - se creasen y patrocinasen publicaciones seriales populares (económicas o gratuitas) que llegaran a las manos del vulgo y actuaran como noticiarios actualizados de lo que ocurría en el reino y en el extranjero, instrumentos eficientes de difusión ideológica, motores de crítica política y espacios democráticos de reflexión.

También resultaba necesario propiciar la creación de lugares de encuentro, debate y discusión en los que - por fuera del dogmático entorno eclesiástico de los claustros educativos - fuese posible discutir con libertad y sin censura sobre las realidades del virreinato, sobre la siempre álgida actualidad europea haciendo hincapié, lógicamente, en la cambiante situación de la 'madre patria' española y en las evidentes y decisivas implicaciones que esas dinámicas históricas tenían en la vida política y social del reino.

De todas y cada una de estas iniciativas, con mayor o menor fortuna, se ocuparon los ilustrados criollos con el anhelo de lograr una transformación verdadera de la sociedad colonial y lo hicieron

¹³¹ Como amplio estudio histórico del desarrollo de la educación en la última fase de la vida colonial y el primer período de la vida republicana, véase: OCAMPO, Javier. SOLER, Consuelo. *Reformismo en la educación colombiana. Historia de las políticas educativas 1770-1840*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico. IDEP. Bogotá. 2012.

muchas veces al coste de su bienestar personal y de su prestancia social. Algunas de estas iniciativas progresaron y florecieron (como la imprenta y las publicaciones periódicas) y llegaron a ser decisivas en los turbulentos tiempos de revolución e independencia que vinieron y en los incipientes inicios de la vida republicana; otras aspiraciones (la creación de bibliotecas públicas prósperas, eficientes y asequibles para la población) sólo prosperaron parcialmente y nunca pudieron superar del todo dificultades enormes tales como la escasez perpetua de recursos, la bajísima tasa de alfabetización y, sobre todo, la desidia y el desinterés de sucesivos y efímeros gobiernos para los cuales ni la educación de la población ni el desarrollo cultural del reino fueron nunca una prioridad.

La más importante y trascendental de estas empresas fue el intento de hacer de uno de los grandes inventos de la modernidad, la Imprenta, un instrumento de difusión de cultura y conocimiento tal y como lo había sido en Europa desde finales del siglo XV.

Si bien la imprenta había llegado a la aislada villa de Santafé a mediados del siglo XVIII, el asunto no pasó a mayores pues, como es entendible, se trató de una iniciativa privada (en este caso patrocinada y costeadada por la orden de los jesuitas) que limitó el uso de la imprenta a unos fines muy modestos y completamente restringidos a los usos y deberes de la misma comunidad religiosa: *“En 1738, con dos siglos exactos de retraso contados a partir de la fundación de Santa Fe, y más aun, doscientos años después de estarse ya empleando este novedoso sistema en América, llega por primera vez la imprenta al Nuevo Reino. [...] Con la conmoción del caso, el más de tres veces centenario, para los santafereños novedoso invento, es inaugurado en la capital. Se trata de un modelo muy primitivo de prensa, algo deteriorado, que ha sido importado por los padres jesuitas para imprimir en ella novenas y libros para sus colegios.”*¹³²

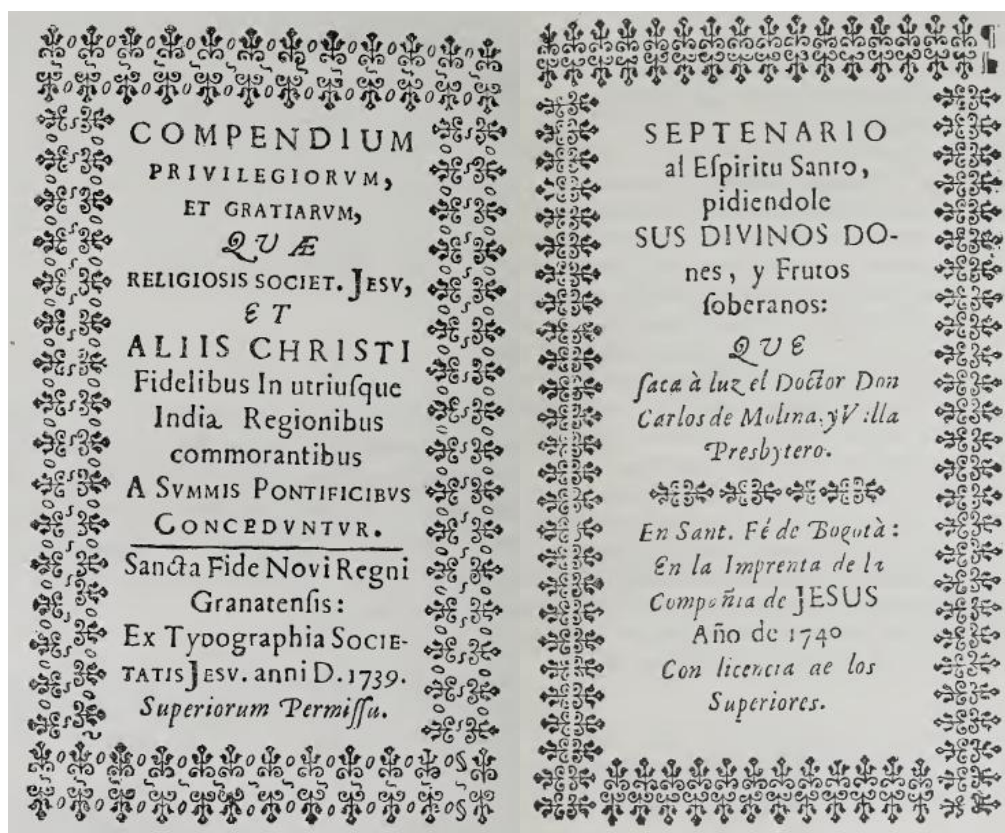
Los primeros libros que se publicaron fueron de carácter eminentemente religioso y su difusión estuvo restringida a los claustros y colegios de las mismas órdenes religiosas que los producían como material de estudio y de consulta.¹³³ Y así continuaron las cosas por varias décadas más pues la imprenta se limitó a ser un artefacto privado circunscrito a los talleres de impresión particulares de las comunidades religiosas que no buscaron en ningún momento hacer tirajes en serie de libros divulgativos destinados a un público laico que no perteneciese al estamento clerical.¹³⁴

¹³² RUIZ, Eduardo. *La librería de Nariño y Los Derechos del Hombre*. Editorial Planeta. Bogotá. 1990. Capítulo V. pp.74-75.

¹³³ A manera de contraste con la situación de Santafé, resulta interesante recordar algunas fechas relativas a la introducción y difusión de la imprenta por los diversos reinos del Nuevo Mundo: la primera imprenta de América se instaló en el virreinato de la Nueva España, en Ciudad de México, en el año de 1539 gracias a la autorización expresa del rey Carlos V que encomendó la tarea al arzobispo Juan de Zumárraga, a cuya autoría corresponde el primer libro publicado en América (en el mismo año de 1539) bajo el título de *Breve y más compendiosa Doctrina Christiana*. La segunda imprenta en instalarse en América fue la Imprenta de Lima en 1584 - con la autorización del rey Felipe II - y siguió después la primera imprenta de la Audiencia y Cancillería Real de Quito fundada en la ciudad de Cuenca en 1626; en 1723 se fundó la primera imprenta del Caribe con sede en La Habana. En cuanto a la América anglosajona, la primera imprenta se instaló en 1638 en Cambridge, Massachussets. Y, finalmente, la Imprenta de Santafé que, según este recuento cronológico, fue la sexta imprenta en establecerse en el Nuevo Mundo y la quinta en el ámbito de la América española, fue establecida en 1738. Para una historia detallada sobre el establecimiento y difusión de la imprenta en las colonias españolas veáse: MEDINA, José Toribio. *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceanía*. 2 volúmenes. Fondo Histórico y Bibliográfico José Toribio Medina. Santiago de Chile. 1958.

¹³⁴ El libro más antiguo publicado en el Nuevo Reino de Granada fue el *Septenario al Corazón Doloroso de María Santissima* impreso en 1738 en la Imprenta de la Compañía de Jesús de Santafé. En relación a la historia de la impresión en el Nuevo

Por tal motivo, para finales del siglo XVIII la imprenta seguía siendo una curiosidad técnica rigurosamente resguardada entre los muros de los conventos mientras que los contados ilustrados santafereños, bibliófilos por vocación, se entusiasmaban compartiendo a hurtadillas lecturas controvertidas (muchas veces censuradas) y, como Caldas, se afanaban buscando libros escasísimos, y casi desconocidos, entre ciudades y amigos con el objetivo de llegar a poseer, tras muchísimo esfuerzo y dedicación - y a costa de una gran inversión monetaria -, una biblioteca personal respetable y envidiable como las que llegaron a tener Mutis y Nariño (y el mismo Caldas en su madurez). Estos cultos personajes, deseosos siempre de lecturas diversas y de cuanta novedad editorial (forzosamente importada) se pudiese hallar en la extensión del reino, vieron con gran preocupación el uso restringido que se hacía de la imprenta y anhelaron sacar este gran instrumento mecánico, heraldo de la modernidad y de la Ilustración, de su encierro monástico para ponerlo a disposición de las élites criollas cultivadas para hacer de la imprenta, de los libros y del saber, pilares fundamentales de la nueva sociedad laica e ilustrada que soñaban construir en su terruño colonial.



Portadas orladas de dos de los primeros libros impresos en el Nuevo Reino de Granada en 1739 y 1740.¹³⁵

Poco a poco se fueron dando pequeños pasos tendientes a la secularización del saber y a la difusión de la cultura impresa: tras su establecimiento en Santafé, la imprenta llegó en 1769 a Cartagena de

Reino de Granada, véase: POSADA, Eduardo. *La Imprenta en Santa Fé de Bogotá en el siglo XVIII*. Librería General de Victoriano Suárez. Madrid. 1917.

¹³⁵ Imagen tomada de: POSADA, Eduardo. *La Imprenta en Santa Fé de Bogotá en el siglo XVIII*. Páginas 2 y 7.

Indias; para el año de 1777, el señor Virrey Manuel Antonio Flórez Maldonado¹³⁶ encargó al impresor español Antonio Espinosa de los Monteros (1732-1812) la instalación y puesta a punto de una segunda imprenta en la villa de Santafé pues la primera, perteneciente a la Compañía de Jesús, fue desmantelada en el año de 1767 - tras treinta años de funcionamiento - como consecuencia de la expulsión de los jesuitas de los dominios españoles ordenada por el rey Carlos III; esta segunda imprenta se denominó *Imprenta Real* por ser propiedad del gobierno virreinal y ya no posesión privada de una comunidad religiosa particular.¹³⁷

Para 1785, el 31 de agosto, apareció en Santafé el primer periódico neogranadino titulado *Gazeta de Santafé*, impreso "*En la Imprenta Real de D. Antonio Espinosa de los Monteros*", dando inicio así a la historia del periodismo neogranadino; la breve publicación de cuatro páginas - cuyo primer número tenía el objetivo de dar noticia del terremoto que se había sentido en la ciudad el 12 de julio - sólo tuvo una duración de tres números aparecidos entre el 31 de agosto y el 31 de octubre de 1785.¹³⁸

Para 1791 apareció la llamada *Imprenta Patriótica* como empresa personal del ilustre criollo don Antonio Nariño quien se convirtió en ideólogo y pionero del proceso de emancipación de la Corona Española; fue ésta la primera imprenta propiedad de un criollo ilustrado y en ella se publicó, en 1793, el clandestino e incendiario panfleto de la "*Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano*" (traducida del francés por el mismo Nariño) que causó un gran revuelo en Santafé por, primero, retar la censura expresa de la Inquisición que condenaba con vehemencia esas 'herejías ilustradas' y prohibía tajantemente su publicación y difusión y , segundo, por cuestionar por primera vez de manera pública - desde la letra impresa - el totalitarismo de la monarquía española que cada vez ofendía más a los criollos ilustrados. Esta arriesgada y subversiva maniobra editorial de Nariño le acarreó el ser encarcelado, desposeído de todos sus bienes, condenado a prisión perpetua y deportado a España (de donde logró escapar y regresó al virreinato para ser uno de los grandes protagonistas del proceso independentista de 1810); la brutal represión de la que fue víctima por la publicación del panfleto revolucionario de los derechos ciudadanos y la magnitud de la condena que se le impuso 'a perpetuidad como reo de alta traición' muestran a todas luces el poder que la imprenta había adquirido en la colonia para finales del siglo XVIII y su enorme impacto como instrumento de difusión intelectual y de crítica social.

Tras el ejemplo de Nariño, se sucedieron otras publicaciones y pasquines periódicos que ejercieron una influencia ideológica determinante para propiciar el movimiento independentista de la Corona

¹³⁶ **Manuel Antonio Flórez Maldonado Martínez de Angulo y Bodquín** (1723-1799) fue un noble militar y marino español. Detentó el cargo de Virrey del Nuevo Reino de Granada entre 1776 y 1781 y su gobierno se caracterizó por fomentar la agricultura, reorganizar la milicia e incentivar la instalación y difusión de la imprenta. Posteriormente se desempeñó como Virrey de la Nueva España entre 1787 y 1789. Para información detallada sobre la vida de los virreyes y, en general, sobre toda la historia del virreinato del Nuevo Reino de Granada desglosada cronológicamente a partir de la sucesión de cada administración virreinal, véase el ya citado trabajo: ORTIZ, Sergio. *Nuevo Reino de Granada. El Virreinato*.

¹³⁷ Como historia general de la Imprenta entre los siglos XVIII y XX en el virreinato del Nuevo Reino de Granada y en la posterior nación independiente que le sucedió hasta llegar a la actual república de Colombia, véase: HIGUERA, Tarcisio. *La Imprenta en Colombia. 1737-1970*. Imprenta Nacional. Bogotá. 1970.

¹³⁸ Texto reproducido (con inclusión de un facsimilar de la primera página) en: POSADA, Eduardo. *La Imprenta en Santa Fé de Bogotá en el siglo XVIII*. Librería General de Victoriano Suárez. Madrid. 1917.

Española a principios del siglo XIX puesto que lograron configurar una comunidad de lectores integrados en un ambiente de crítica social y de reflexión política en la ciudad de Santafé y se instituyeron como referentes y guías de la opinión pública.

A la mencionada efímera *Gazeta de Santafé de Bogotá* de 1785, le siguió *El Papel Periódico de la Ciudad de Santafé de Bogotá* que circuló entre 1791 y 1797 (tuvo una duración de 265 números) y el siguiente en aparecer fue el *Correo Curioso, Erudito, Económico y Mercantil de la ciudad de Santafé de Bogotá* en el año de 1801 (se publicaron 46 números) bajo la dirección del aristócrata ilustrado Jorge Tadeo Lozano (discípulo de Mutis y miembro de la Expedición Botánica) en cuyo prospecto se hacía la siguiente declaración de principios:

“Comenzemos, pues, por un papel periódico, que sin contradicción es una de las invenciones más útiles; porque por lo poco costoso de su adquisición, además de cultivar la inclinación a la lectura, y a producirse por escrito, facilita la circulación en el público de muchas producciones estimables, que, sin este auxilio, quedarían sepultadas en un perpetuo olvido [...]

Estas consideraciones, y el vehemente deseo de dar muestras auténticas de nuestro patriotismo, nos han movido a propender al establecimiento del periódico, cuyo primer número sale hoy al público, esperando que lo reciba con indulgencia, y benignidad; quando no por la importancia de las materias que contenga, a lo menos por el objeto a que se dirige, y es el de estimular a todos, a que se comuniquen sus conocimientos, y luces, contribuyendo cada uno por su parte a la instrucción general, para perfeccionarse, quanto sea posible, en las artes y ciencias.”¹³⁹

Entre 1806 y 1809 circularon en Santafé dos nuevos periódicos titulados *El Redactor Americano* y el *Alternativo del Redactor Americano* que tuvieron carácter oficial y salieron de las prensas de la Imprenta Real y luego apareció la publicación periódica más relevante que circuló en la ciudad de Santafé a comienzos del siglo XIX, el *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* que fue concebido, dirigido y editado por Francisco José de Caldas entre 1808 y 1810. Se trató de la primera publicación periódica de carácter expresamente científico que circuló en el reino convirtiéndose, por ende, en el primer espacio editorial dedicado con exclusividad a las ciencias físicas y naturales y a la divulgación del pensamiento científico durante el período colonial.¹⁴⁰

Finalmente, el impacto socio político de la prensa y de la imprenta fue enorme para la vida colonial pues creó un entorno cultural que no existía antes de que surgiese la dinámica de las publicaciones y pudiese fluir la letra impresa a través del reino llevando consigo atisbos de conocimientos novedosos, el germen de las ciencias y las semillas ideológicas de la revolución independentista. El surgimiento

¹³⁹ *Correo Curioso erudito, económico y mercantil de la ciudad de Santafé de Bogotá, Martes 17 de Febrero de 1801, Prospecto. p.2.* La cita es transcripción del original disponible en formato digital, junto con todos los números aparecidos del *Correo Curioso*, en: <https://bibliotecanacional.gov.co/content/conservacion?idFichero=127805> [Consultado en Julio 10 de 2019]

¹⁴⁰ Como estudio sobre el *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*, su contexto, y sus implicaciones, véase: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada.* Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.

y desarrollo de una dinámica editorial en el Nuevo Reino de Granada para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX condujo a la consolidación de una *comunidad ilustrada* que poco a poco se materializó en la cotidianidad de la vida urbana colonial y que, desde la lectura, la discusión y la crítica, llegó a jugar un papel protagónico en el proceso que conllevó al fin del dominio colonial y a la fundación del orden republicano. Por lo demás, esta *comunidad ilustrada* (que comenzó como asociación libre y amistosa de eruditos y agrupación de público lector y autodidacta) fue el verdadero nicho en donde pudo germinar y florecer el pensamiento científico en el Nuevo Reino de Granada.

3.6 - Bibliotecas privadas y públicas.

Si bien los libros, ya fuese como fuentes de erudición y conocimiento o como objetos de lujo y ostentación, siempre fueron un bien escaso y costoso durante todo el período colonial, se tiene constancia de la existencia - durante el siglo XVIII y en la ciudad de Santafé -, de nutridas y selectas bibliotecas privadas que fueron el orgullo y el deleite de sus propietarios que, superando las enormes dificultades del transporte desde Europa, los altos costes y las censuras eclesiásticas, lograron poseer bellas colecciones de libros con títulos exquisitos dignos de los bibliófilos más exigentes.¹⁴¹

Pero para los intelectuales ilustrados santafereños que tan entusiastas se mostraban con el enciclopedismo francés y sus autores y se sentían identificados con los nuevos ideales pregonados por ellos en relación a la devoción por el conocimiento y por su difusión universal, no era suficiente con poseer ellos mismos, a título de propiedad personal, las grandes obras del pensamiento y de la literatura resguardadas en sus bibliotecas privadas pero, puesto que los cuidados tesoros bibliográficos de sus colecciones no podían entregarse a la rapacidad del vulgo o someterse a la consulta indiscriminada de manos indelicadas, era evidente que, más allá de las buenas intenciones, esos valiosos libros debían permanecer resguardados en sus bien cuidadas bibliotecas personales.

Por lo demás, no existían los medios materiales ni económicos para realizar ediciones artesanales de los libros que pudieran resultar relevantes para la ilustración científica y humanística de la población letrada del virreinato; la publicación de los *Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano* hecha de manera clandestina por Nariño en 1793 no pasaba de ser un panfleto de pocas páginas sin pretensiones librescas pero otra cosa era acometer la traducción de los libros voluminosos y apetecidos del momento (como podían serlo *El espíritu de las leyes* de Montesquieu o *El contrato social* de Rousseau) y, aún más, costear del propio bolsillo la edición y el tiraje de unos cuantos ejemplares para distribuir estratégicamente entre villas, conocidos y bibliotecas.

De esta manera, ya que el objetivo era difundir la cultura y el conocimiento científico y humanístico tanto como fuese posible más allá de los claustros religiosos y de la elitista y cerrada institucionalidad escolar, empezó a plantearse la necesidad de crear bibliotecas públicas, auspiciadas por el gobierno, que contuviesen los grandes libros y tratados de la tradición y de la historia; en esos centros de saber laicos y públicos debían hallarse los clásicos del pensamiento y de las artes, la filosofía, la literatura,

¹⁴¹ Véase: RUIZ, Eduardo. *La librería de Nariño y los Derechos del Hombre*. Capítulo IV. pp.54-55.

la historia, y también los grandes tratados de las ciencias y de las disciplinas prácticas de las que tanto necesitaba el reino.

En este caso, las coyunturas históricas y políticas del momento jugaron a favor de los ilustrados santafereños pues para 1767, “... con la expulsión de los jesuitas de los dominios del imperio español, decretada por el rey Carlos III, y con la ocupación de todas las ‘temporalidades’ de la Compañía de Jesús. Dentro de las cuales se encuentran, como es obvio, los libros de los jesuitas, se fundan las bibliotecas públicas de Santo Domingo, Quito. Santiago de Chile, Santa Fe, etc.”¹⁴²

Resultó entonces que miles de libros quedaron abandonados tras la expulsión de la orden religiosa de los jesuitas pues las bibliotecas eran parte importante del patrimonio abandonado y confiscado a la congregación como parte del designio real de expulsión e incautación de bienes y valores. Los valiosos inmuebles y artículos confiscados a la orden (propiedades, ganados, ornamentos, muebles, libros y demás) pasaron a ser parte del patrimonio gubernamental de la Real Hacienda y, desde allí, se organizó su administración, redistribución y destino final. De inmediato, los círculos ilustrados de la ciudad de Santafé vieron la oportunidad de destinar las bibliotecas incautadas y los valiosos libros a un servicio social de culturización por fuera de la rigidez dogmática de los claustros religiosos de enseñanza que monopolizaban la educación de la colonia y ejercían una férrea censura sobre los contenidos, disciplinas, libros y autores que consideraban – desde su perspectiva ideológica – nocivos para el dogma y para la recta tradición moral y social del virreinato.¹⁴³

Para el momento de la expulsión de la Orden Jesuita en 1767 el ya mencionado fiscal Moreno y Escandón, tan interesado en la reforma del sistema educativo colonial, vio una oportunidad favorable para proponer y concretar una iniciativa educativa y cultural de gran envergadura y sugirió ante el virrey y la Junta Superior de Temporalidades la creación de una “*Biblioteca Pública, donde puedan acudir los estudiosos de todas facultades a instruirse de noticias sólidas y verdaderas, que muchas veces se ignoran por falta de buenos libros, mayormente en estos remotos dominios donde escasean y son costosos*”¹⁴⁴ logrando la aprobación de su iniciativa en 1773.¹⁴⁵

La fundación de la Real Biblioteca Pública de Santafé tuvo lugar el 9 de enero del año de 1777 (ya habían pasado diez años desde la expulsión de la orden de los jesuitas) siendo la primera biblioteca pública creada en Iberoamérica. En el momento de su fundación, la Biblioteca contó con 4182 volúmenes que versaban sobre diversos temas.¹⁴⁶

¹⁴² RUIZ, Eduardo. *La librería de Nariño y los Derechos del Hombre*. Capítulo III. p.43.

¹⁴³ En torno a las implicaciones ideológicas y académicas de la expulsión de la orden de los jesuitas de todos los territorios de la América española, véase: VILLALBA, Enrique. *Consecuencias educativas de la expulsión de los jesuitas de América*. Instituto Antonio de Nebrija de estudios sobre la universidad. Universidad Carlos III de Madrid. Editorial Dykinson. Madrid. 2003.

¹⁴⁴ RUIZ, Eduardo. *La librería de Nariño y los Derechos del Hombre*. Capítulo III. p.44.

¹⁴⁵ Como estudio histórico sobre la Real Biblioteca Pública de Santafé (hoy llamada Biblioteca Nacional de Colombia), véase: HERNÁNDEZ DE ALBA, Guillermo. CARRASQUILLA, Juan. *Historia de la Biblioteca Nacional de Colombia*. Instituto Caro y Cuervo. Imprenta Patriótica. Bogotá. 1977.

¹⁴⁶ “A saber: ‘Santos Padres, 272; Expositores, 432; Teología, 438; Filósofos, 146; Predicadores, 573; Canonistas, 564; Matemáticos, 83; Gramáticos, 229; Históricos, 597; Espirituales, 424; Médicos, 39 y Moralistas, 538’. Como puede observarse y era apenas obvio, más del sesenta y siete por ciento de las obras tienen carácter religioso. Las matemáticas suman sólo el dos por ciento, la historia el

Por lo demás, la Biblioteca estaba abierta al público en general y no era un espacio restringido a los estudiosos que pudiesen demostrar hidalguías y abolengos puesto que, como se ha mencionado, los claustros de enseñanza y los Colegios mayores - con sus bibliotecas - sí estaban restringidos a los descendientes aristocráticos de las familias acaudaladas del reino.

3.7 - Tertulias y cofradías.

Puesto que el ambiente cultural del reino se caracterizó por su rígido tradicionalismo y por su estricto sentido moral, las manifestaciones ideológicas novedosas o la libre expresión de ideas generaban cierta desconfianza. Por este motivo, los pocos ilustrados que en la ciudad de Santafé comulgaban de las nuevas filosofías - críticas e irreverentes - de pensadores como Rousseau, Montesquieu o Voltaire y que seguían con suma expectativa los acontecimientos que se sucedían en la Francia revolucionaria o en los nacientes Estados Unidos de América, empezaron a afianzar vínculos ideológicos y a crear círculos intelectuales muy discretos y poco públicos en los que se discutía abiertamente.

Siguiendo la usanza europea, estas cofradías de reuniones de intelectuales ilustrados (muchos de ellos miembros de la orden de la masonería) se reunían en salones distinguidos de la ciudad y desarrollaban tertulias en las que se intercambiaban noticias, lecturas, críticas y reflexiones.

Una vez más, fue Antonio Nariño el motor de este tipo de iniciativas novedosas dentro de la rutina santafereña pues ofreció su domicilio como lugar de reunión para, entre colaciones y mutuas simpatías, ir consolidando en Santafé un círculo de amigos ilustrados con intereses y aficiones comunes:¹⁴⁷

“Recién comenzado enero de 1794, Nariño puso por obra la vieja idea de su casino literario, que denominó El Arcano de la Filantropía:

“Me ocurre el pensamiento de establecer en esta ciudad una suscripción de literatos, a ejemplo de las que hay en algunos casinos de Venecia: ésta se reduce a que los suscriptores se juntan en una pieza cómoda y sacados los gastos de luces, etc., lo restante se emplea en pedir un ejemplar de los mejores diarios, gacetas extranjerías, los diarios enciclopédicos y demás papeles de esta naturaleza, según la cantidad de la suscripción. A determinadas horas se juntan, se leen los papeles, se critica y se conserva sobre aquellos asuntos, de modo que se pueden pasar un par de horas divertidas y de utilidad.””¹⁴⁸

En consonancia con ‘la moda parisina’, funcionaron paralelamente al *Arcano de la Filantropía* otros grupos de charla y de debate en Santafé entre los que destacaron la *Tertulia Eutropélica* - fue

catorce, la filosofía el tres y medio, la gramática el cinco y medio y la medicina menos del uno por ciento.” RUIZ, Eduardo. La librería de Nariño y los Derechos del Hombre. Capítulo III. p.47.

¹⁴⁷ En tanto fuente primaria en donde es posible encontrar la transcripción de la totalidad de los cientos de manuscritos y documentos (oficiales y personales) conservados de Antonio Nariño, véase: HERNÁNDEZ DE ALBA, Guillermo [Compilador]. *Archivo Nariño*. 6 tomos. Biblioteca de la Presidencia de la República. Bogotá. 1990.

¹⁴⁸ SANTOS, Enrique. *Antonio Nariño, filósofo revolucionario*. Ediciones Desde Abajo. Bogotá. 2015. Capítulo 5. p.113.

inaugurada el viernes 21 de septiembre de 1792 y duró hasta 1794 -, auspiciada por el reconocido intelectual, periodista y primer director de la Real Biblioteca Pública de Santafé, don Manuel del Socorro Rodríguez y concebida como *“una junta de varios sujetos instruidos, de ambos sexos bajo el amistoso pacto de concurrir todas las noches a pasar tres horas de honesto entretenimiento, discurrendo sobre todo tipo de materias útiles y agradables”*¹⁴⁹ y, la *Tertulia del buen gusto* dirigida por doña Manuela Sanz de Santamaría.¹⁵⁰



Una imagen de la Santafé colonial de finales del siglo XVIII: *Baile en la casa del Marqués de San Jorge*.¹⁵¹

En un principio estos cenáculos y veladas poco llamaron la atención de las autoridades pues en ningún momento tuvieron un cariz conspirativo o subversivo y se dedicaron más a discusiones

¹⁴⁹ CACUA, Antonio. *Don Manuel del Socorro Rodríguez: itinerario documentado de su vida, actuaciones y escritos*. Editorial Universidad Central. Bogotá. 1985. p.273.

¹⁵⁰ *“María Manuela Santamaría Ricaurte nació en Santafé. Era hija de don Francisco Sanz de Santamaría y de doña Petronila Prieto Ricaurte, reconocidos personajes de la sociedad santafereña. Su educación fue un asunto de gran menester para sus padres, especialmente para su madre, quien “quiso que sus hijas brillasen por los primores del espíritu, más que por cualquier otro adorno”. Sabía latín, italiano y francés y traducía diversos textos para sus hijos estudiantes. Fue una destacada intelectual, propietaria de una biblioteca de Historia Natural que visitaban tanto locales como foráneos de la talla de Alejandro de Humboldt, quien no escatimó elogios al conocer tanto a la dueña como a su biblioteca.”*. Véase: BUITRAGO, Laura. *“Las mujeres de la Tertulia del buen gusto y sus amores”*. En: *Revista Credencial Historia*. Número 273. 2012. pp.2-5. p.4.

¹⁵¹ Óleo del pintor colombiano Pedro Alcántara Quijano (1878-1953) realizado hacia 1938 y que pertenece a la colección de arte de la Academia Colombiana de Historia. Imagen tomada de: BUITRAGO, Laura. *“Las mujeres de la Tertulia del buen gusto y sus amores”*. p.2.

filosóficas abstractas y eruditas que a planear revoluciones o trasgresiones al orden social establecido. Sin embargo, pronto en estas reuniones se empezaron a discutir temas como la Revolución francesa, la independencia estadounidense, la situación política de las colonias españolas y el estado general del reino y su gobierno; lo que comenzó como una diversión ingenua, pronto tomó matices ideológicos peligrosos. El clima político de la colonia se fue enrareciendo y agitando cada vez más pues los criollos, hijos de españoles pero cada vez más desligados de la madre patria española de sus ancestros, sentían ahora un llamado patriótico que se consolidó en un sentimiento de inconformidad con el dominio español y la autoridad monárquica.

Las tertulias continuaron existiendo pero adquirieron cada vez más un peligroso matiz de cofradías conspirativas y algunos de sus miembros - jóvenes criollos con decididos intereses académicos y científicos como Jorge Tadeo Lozano, Francisco Antonio Zea, Camilo Torres, Francisco José de Caldas -, terminaron por participar del espíritu libertario y republicano que llegaba de Francia y de los Estados Unidos de América. Para 1810, cuando Caldas - como se verá más adelante -, llegó a ser un miembro distinguido de la Real Expedición Botánica y se desempeñó como director del Observatorio Astronómico de Santafé, el ambiente social y político estaba tan convulsionado que el salón de observaciones del edificio se convirtió ya no en lugar de trabajos científicos ni de tertulias filosóficas sino en el epicentro secreto de la conspiración que planeó y llevó a término la revocación del poder virreinal y puso fin al dominio colonial en el Nuevo Reino de Granada.

3.8 - La Ilustración en el Nuevo Reino de Granada. Interpretaciones y perspectivas.

En relación al contexto ideológico que configuró la vida y obra de Francisco José de Caldas, resulta pertinente plantear y dejar abiertos ciertos interrogantes y puntos de reflexión en relación a la trascendencia social, política y cultural que tuvo la recepción de las filosofías ilustradas europeas en el entorno colonial del Nuevo Reino de Granada.

En primer lugar, es innegable que, para finales del siglo XVIII, hubo en los ámbitos intelectuales aristocráticos del Nuevo Reino de Granada una recepción muy favorable de muchos planteamientos filosóficos enunciados por el movimiento ilustrado europeo que venía desarrollándose en Europa y, especialmente, en la Francia revolucionaria y enciclopedista. Esos nuevos planteamientos morales, políticos y sociales, hallaron en el contexto colonial neogranadino un terreno fértil pues, después de casi tres siglos de vasallaje y sometimiento, las estructuras coloniales acusaban ya cierto desgaste y resultaban en gran medida obsoletas y desfasadas para las necesidades del reino. Realidades tales como la organización social, el funcionamiento económico, el papel preponderante de la iglesia dentro de la esfera política, la dogmática educación eclesiástica, el manejo político del reino y su dependencia a la corte española, entre otras situaciones de la vida colonial, empezaron a ser ampliamente cuestionadas al interior de los círculos intelectuales de los criollos aristócratas que vieron en las nuevas perspectivas sugeridas por la Ilustración una respuesta muy pertinente a los graves problemas del reino a nivel material e ideológico.

En segundo término, es importante señalar que la llegada y la trasmisión del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada se debió a la iniciativa personal de importantes intelectuales,

funcionarios y académicos - ya fuesen criollos o europeos - que comulgaban de la ideología de la Ilustración y veían en ella la filosofía por excelencia de los nuevos tiempos. Así, el proceso de divulgación e implementación del pensamiento ilustrado se debió al trabajo y al ejemplo personal de importantes y talentosos personajes tales como José Celestino Mutis, Francisco Antonio Moreno y Escandón, José Félix de Restrepo, Antonio Nariño, Manuel del Socorro Rodríguez, Camilo Torres, Jorge Tadeo Lozano y Francisco José de Caldas.

En tercer lugar, esta adopción de muchos de los principios filosóficos del movimiento ilustrado se hizo desde la práctica misma y desde la esfera de influencia de cada uno de los personajes implicados. Lo que se podría definir como la 'Ilustración Neogranadina' no se dio a partir de la escritura abstracta de voluminosos tratados metafísicos ni desde la elaboración filosófica de grandes esquemas de pensamiento sino que la recepción y puesta en práctica de los principios ilustrados aconteció en la cotidianidad y en el trabajo de sus seguidores y divulgadores: Mutis trató de irradiar los principios de la nueva ciencia ilustrada desde su cátedra universitaria y su práctica como botánico y director de la Expedición Botánica; Moreno y Escandón intentó transformar la educación colonial mientras se desempeñaba como funcionario público del virreinato; Nariño promulgó los ideales ilustrados de la Revolución francesa desde su cotidianidad de hombre de letras y tertulias y desde su trabajo como librero y editor; Restrepo estimuló la enseñanza de las ciencias físicas y naturales desde su práctica como profesor; Torres empezó a promulgar las bondades de la independencia republicana desde su trabajo como jurista y su primo hermano Francisco José de Caldas nunca dejó de hacer - y de representar él mismo con su ejemplo - una exaltación del trabajo científico.

Y, en cuarto lugar, es importante subrayar el hecho de que el pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada tuvo que enfrentarse - y sin mucho éxito a fin de cuentas pues la mayoría de sus anhelos de cambio no se concretaron - a la tradicionalista mentalidad colonial, al dogmatismo religioso, al monopolio ideológico de la iglesia y, al final, a la oposición del gobierno y de la Corona.

Tal vez lo más prudente sea afirmar que el pensamiento ilustrado terminó adaptándose, de manera autóctona y al paso mismo de la historia, a la vida colonial del Nuevo Reino de Granada; más que una adopción radical de las ideas y valores de un movimiento filosófico surgido al interior de una cultura determinada por sus propias condiciones históricas y mentales, se vería entonces la trasmigración - parcial e imperfecta pero igualmente válida y significativa -, de algunos de esos paradigmas ideológicos a una realidad humana muy diferente condicionada también por sus propias dinámicas históricas particulares.

Por otra parte, es necesario no perder de vista el hecho de que las reformas borbónicas ilustradas instauradas por la monarquía española durante el siglo XVIII tenían un fundamento político y económico y a ese interés estratégico se supeditaban otros ámbitos de las mismas reformas tales como la modernización de la educación o el desarrollo de las ciencias físicas y naturales; el creciente apoyo que la Corona brindó para que se realizasen exploraciones científicas en sus territorios coloniales

también apuntaba muy claramente al interés económico de inventariar científicamente todos los recursos naturales valiosos para optimizar su explotación y comercio.¹⁵²

Desde esta perspectiva utilitarista, la introducción y florecimiento del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada en la segunda mitad del siglo XVIII puede verse también como el reflejo de políticas imperiales y esta lectura interpretativa, que supedita el interés científico a evidentes propósitos políticos y económicos de dominio y explotación, parece dejar de lado la versión un tanto idealizada en la que se entiende la recepción de las filosofías ilustradas en el contexto neogranadino - y la posterior implementación de reformas sociales y políticas derivadas de estos planteamientos - como la gesta altruista de algunos personajes influyentes que, por simple filantropía, quisieron sembrar la luz de las ciencias y del conocimiento universal en el ámbito colonial.¹⁵³

En este caso histórico puntual, es claro que el pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada para finales del siglo XVIII fue, en un primer momento, la faceta humanista del conjunto de las llamadas reformas borbónicas y, en ese sentido, estuvo representado y fue transmitido por personajes como el arzobispo virrey Caballero y Góngora pero, en una segunda instancia, ese pensamiento ilustrado neogranadino se convirtió en patrimonio ideológico de una élite criolla que lo encarnó con sus prácticas intelectuales y científicas y lo supo adaptar a las condiciones particulares del virreinato.

En la práctica, esa élite criolla, si bien sometida a la Corona Española, era la que detentaba el poder político, social, económico y académico del reino pues estaba constituida por las familias aristocráticas que, durante siglos, habían sido la clase dominante de la vida colonial. Para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, fueron los vástagos privilegiados de esas familias influyentes los que hicieron del pensamiento ilustrado su bandera ideológica y lo convirtieron en la hoja de ruta del proyecto político que desencadenó el proceso de independencia del dominio español que concluyó con la instauración de una república moderna diseñada sobre los ideales del proyecto ilustrado. Irónicamente, la institución republicana continuó perpetuando los mismos cánones coloniales de despotismo aristocrático sustentados sobre la explotación, el sometimiento y la esclavitud; como balance final, a cambio de un rey, el poder oligárquico pasó a ser detentado por las aristocracias criollas.

Más allá de las vicisitudes de la historia, lo importante en relación a la figura y obra de Francisco José de Caldas es comprender como todas estas complejas manifestaciones y proyecciones ideológicas del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada terminaron por configurar su vida, su pensamiento y su obra científica.

¹⁵² Véase: NIETO, Mauricio. *Remedios para el Imperio. Historia Natural y la apropiación del Nuevo Mundo*. Capítulo I. pp.23-57.

¹⁵³ “De la Ilustración hemos heredado la noción de que el conocimiento científico es siempre un instrumento de progreso y liberación. La supuesta universalidad de la ciencia occidental nos conduce a suponer que su práctica es siempre benéfica para la humanidad entera. Sin embargo, sus métodos y fines son inseparables de los intereses de quienes tienen control sobre dichas prácticas.” NIETO, Mauricio. “Políticas imperiales en la Ilustración española. Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo.” En: *Historia Crítica*. Revista del Departamento de Historia de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad de Los Andes. Número 11. Julio-Diciembre 1995. pp.39-51. p.52.

Segunda Parte.

El descubrimiento autodidacta y en solitario del principio termométrico de la Hipsometría.

Capítulo 4.

Caldas autodidacta: de cómo se hace un científico en el Nuevo Reino de Granada a finales del siglo XVIII.

"Este Mr. Caldas es un prodigio en la astronomía. Nacido en las tinieblas de Popayán ha sabido elevarse, formar barómetros, sectores, cuartos de círculo; medir latitudes con gnomones de quince a veinte pies: yo he visto alturas correspondientes tomadas con estos instrumentos, que apenas difieren de cuatro a cinco líneas. ¡Qué habría hecho este genio en medio de un pueblo culto, y qué no debíamos esperar de él en un país en que no se necesitase hacerlo todo por sí mismo!"

*Diarios. Alexander von Humboldt.*¹⁵⁴

Tras culminar su etapa como estudiante de leyes y jurisprudencia en Santafé entre los años de 1788 y 1792, Caldas regresó a Popayán y se reintegró a su entorno familiar. Y aunque el recuerdo de su etapa estudiantil en Santafé no fue el más feliz, durante esos años de estudio Caldas tuvo la oportunidad de conocer un poco del mundo que se extendía más allá de su natal Popayán y vislumbrar algo de las dinámicas históricas e ideológicas que se estaban dando tanto en la capital del virreinato como, allende los mares, en la Europa de finales del siglo XVIII. Al vivir en Santafé, el joven Caldas pudo distinguir a los influyentes personajes que estaban jalando la recepción del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada y gozó también del privilegio de ser admitido en los círculos más distinguidos de la sociedad santafereña participando de las tertulias que tan en boga se hallaban en la Santafé de aquellos tiempos. El joven Caldas que regresó a Popayán en 1792, a sus veinticuatro años, era muy diferente del muchacho provinciano de veinte que había marchado a la capital cuatro años antes como estudiante de leyes.

Al regresar, Caldas - más que un título en leyes que nunca le despertó ningún entusiasmo y unos conocimientos jurídicos que le aburrían - tenía muy claro su interés por el estudio de las ciencias físicas y naturales y contaba ya con un acervo cultural que le permitía sentirse identificado con el

¹⁵⁴ Estas palabras de elogio hacia Caldas fueron escritas por Alexander von Humboldt en sus diarios (en francés originalmente) durante su paso por el Nuevo Reino de Granada en 1801 cuando el naturalista alemán, durante su estadía en Popayán, pudo conocer algunos trabajos astronómicos manuscritos de Caldas que llegaron a sus manos porque el padre de Caldas, don José de Caldas, quiso que el sabio prusiano los conociera; mientras tanto, Francisco José de Caldas se encontraba afincado en la ciudad de Quito adelantando asuntos legales familiares y estaba muy ansioso, y en espera, de poder conocer a Humboldt y Bonpland cuando continuaran su viaje hacia el sur. Durante el primer semestre de 1802 tuvo lugar el encuentro de los tres naturalistas que, durante los meses de febrero y marzo, llegaron a vivir juntos en la Hacienda de Chillo (cercana a Quito) como invitados del Marqués de Selva Alegre, dedicándose a realizar diversas observaciones científicas; fue entonces cuando Caldas pudo acceder a los libros y diarios de Humboldt y encontró las elogiosas palabras hacia su persona y sus trabajos. Muy emocionado, las transcribió posteriormente (traducidas al castellano) en tres cartas enviadas a sus amigos Santiago Arroyo y Antonio Arboleda. La transcripción hecha por Caldas se halla en: *Carta 54 de Enero 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo.* p.143. *Carta 59 de Marzo 6 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo.* p.161. *Carta 60 de Marzo 6 de 1802 dirigida a Antonio Arboleda.* p.163.

espíritu ilustrado que había vislumbrado por primera vez en las clases de filosofía de su maestro José Félix de Restrepo y que, como había visto en Santafé, estaba generando grandes cambios en Europa.

Por lo demás, Caldas nunca más volvió a estudiar nada 'institucionalmente' en ningún claustro ni universidad pues el resto de su educación se la brindó él mismo a partir de su dedicación al trabajo experimental y al estudio solitario y autodidacta. Su opinión en relación a la educación tradicional siempre tuvo matices negativos y son muchos los apartes de su correspondencia personal en los que dejó constancia del desagrado que le generaban los métodos que él había conocido como estudiante; en contraste, pensaba que aquellos hombres que se distinguían por sus luces y erudición en el reino habían logrado brillar, justamente, gracias a sus dotes como autodidactas y al hecho de haber superado el yugo de la estéril educación formal:

"[...] y bien ve usted que lo que yo he dicho es que la educación antigua era bárbara, y esta es una verdad incontestable. [...] Esto no quiere decir que los sujetos que han hecho sus estudios antes de esta época estén envueltos en la barbarie. Sería hacer una injuria a tantos hombres inteligentes e ilustrados que tenemos en química, física, jurisprudencia, oratoria, poesía, bellas artes, etc. Pero debemos confesar que estos conocimientos no los deben a la educación pública que se les dio, la que verdaderamente fue bárbara, sino a los esfuerzos que han hecho para despreciar las preocupaciones de sus maestros, por lo que merecen dobles elogios que aquellos que han logrado tiempos más felices y mejores preceptores [...]"¹⁵⁵

En el momento de regresar a Popayán, y a pesar de lo mucho que deseaba entregarse al estudio autodidacta de las ciencias, la prioridad para Caldas fue la de encontrar un trabajo acorde con su linaje y con su nueva posición de graduado en leyes y jurisprudencia y consiguió acceder a un puesto administrativo como *Padre general de menores* que, si bien nada tenía que ver con las ciencias ni con los estudios que le atraían, logró despertar su interés.

4.1 - Algunos trabajos administrativos y ciertos quebrantos de salud.

Recordando, en 1801, aquellos años como estudiante en Santafé y su regreso a Popayán como bachiller en derecho recién graduado, Caldas escribió lo siguiente haciendo un recuento sumario de su propia vida desde su infancia hasta el año de 1794:

"Al fiscal Francisco José de Iriarte:

Don Francisco Josef de Caldas y Tenorio, vecino de Popayán, ante V.A. con el debido respeto parezco y digo: que después de haber concluido mis estudios de latinidad y filosofía en el Seminario de Popayán pasé a Santafé de Bogotá a hacer los de Derecho Civil, Canónico y Público, lo que verifiqué en el Colegio Real Mayor de Nuestra Señora del Rosario, cuya beca tuve el honor de vestir. Con las formalidades y actos

¹⁵⁵ Carta 41 de Agosto 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.109.

literarios necesarios obtuve los grados de Bachiller en Filosofía y en Derecho de la Universidad de esta capital; pero las enfermedades que en aquella época casi arruinaron mi salud, no me permitieron seguir en la consecución de los grados de Licenciado y Doctor. Me restituí a mi patria consolado a lo menos con verme habilitado con el grado de Bachiller para poder comenzar mi práctica, para recibirme de Abogado, para oposiciones o cátedras, para la opción de ellas, y sobre todo, para poder defender mis asuntos, y los de mis padres en todos los Tribunales, sin necesidad de ocurrir a las luces de ningún abogado. En la larga mansión que hice en Popayán desde principios del año de setecientos noventa y dos, asistí por mucho tiempo al estudio de uno de éstos, y el Cabildo de esa ciudad me confió la defensa de los menores del setecientos noventa y tres, época en que así el juzgado de gobierno, como el de los Jueces Ordinarios y Eclesiásticos estaban inundados de expedientes que exigían el conocimiento, y la voz del Padre general de Menores. Apliqué todas mis fuerzas al desempeño de esta humana y noble obligación: desenterré causas olvidadas, promoví las que estaban siguiendo en los diversos Juzgados de esta ciudad y entablé muchas de nuevo.”¹⁵⁶

Así, para 1793, a Caldas aún le hacía falta ejercer como *Bachiller en Derecho* durante algún tiempo y certificar algunas prácticas profesionales que le permitiesen finalmente optar por el título de *Abogado* y cerrar exitosamente su ciclo como estudiante de jurisprudencia. Hallándose en esta situación, se le consideró, por hidalguía y estudios, como candidato idóneo para desempeñarse en el cargo de *Padre general de menores de la ciudad*.

El cargo en cuestión consistía en actuar como veedor y padrino legal de todos los jóvenes de ambos sexos desposeídos de la ciudad que se encontrasen en situación de vulnerabilidad debido a condiciones de pobreza o abandono. El funcionario público que se desempeñaba en este puesto tenía la facultad legal de trazar políticas públicas de intervención en los casos en los que se considerase necesario rescatar a los menores de la vagancia o de condiciones deplorables en sus propios hogares y tenía también la autoridad para definir acciones de protección tales como definir hogares de acogida para niños abandonados o decidir si estos jóvenes desposeídos debían ser trasladados y establecidos en conventos o en talleres artesanales en donde se pudiese garantizar tanto su sustento como su bienestar y educación.

El ejercicio de este cargo entusiasmó mucho a Caldas pues se ajustaba a sus convicciones cristianas y, además, el desempeñarse como funcionario público bajo el aval del gobierno provincial le permitió idear y ensayar, en pequeña escala y de manera autónoma, algunas de las políticas ilustradas que tanto le entusiasmaban desde su estadía en Santafé. Así, propuso que “*todos los jóvenes menores de ambos sexos que se hallen sin ocupación ni oficio, desde la edad de siete años hasta la de veinticinco, sin distinción de clases ni condición, sean nobles, sean plebeyos*”,¹⁵⁷ debían ser puestos en custodia, como aprendices, en talleres artesanales en donde fuesen alojados con bienestar, instruidos y se formasen como artesanos en artes y oficios tales como la orfebrería, la carpintería, la herrería y demás profesiones útiles; a su vez, las muchachas abandonadas dejarían de estar expuestas a depravaciones

¹⁵⁶ Carta 50 de Noviembre 21 de 1801 dirigida al fiscal Francisco José de Iriarte. p.136.

¹⁵⁷ Carta 3 de Febrero 5 de 1793 dirigida al señor Diego Antonio Nieto, Gobernador y Comandante General de la Provincia de Popayán. p.31.

y peligros, “para pasar, cuando optima la miseria, a alistarse entre las del séquito de Venus”,¹⁵⁸ para sumarse, en calidad de doncellas, al personal al servicio de casas distinguidas en donde a la par del trabajo cotidiano podrían hacerse aprendices de oficios útiles tales como la culinaria o la costura:

“Bien sé que muchos se admirarán al oír decir que el Padre General de Menores pide que los jóvenes nobles se recojan para aplicarlos a los oficios. Admírense norabuena todos aquellos soberbios que poseídos de los dictados y títulos pomposos de caballería, se juzgan hombres de otra especie, y que no se ocupan sino en estudiar sus genealogías, en llevar su ascendencia hasta el fundador del género humano y en esculpir en bronce o piedra los escudos y armas de su casa. Admírense aquellos vanos que, figurándose divinidades, reputan por nada a los demás hombres, y no juzgan que existen sino para servir a su orgullo y vanidad. Estoy seguro no se admirarán aquellos que tienen una idea justa de lo que es la verdadera nobleza. A nosotros mismos debemos imputarnos los daños ocasionados por la ociosidad de los jóvenes distinguidos, provenientes únicamente de la idea fantástica que se han formado algunos de su nacimiento. Juzgan que es incompatible la hidalguía con los oficios, y apartando de sí con una mano las artes, con la otra abrazan la pereza e inacción; y se puede asegurar sin temeridad (no hablo de todos, pues bien sé muchos se ocupan en mantener sus obligaciones) que han venido a ser sinónimos el noble y el ocioso. Yo quisiera destruir esta idea falsa del ánimo de mis compatriotas, y en su lugar substituir otras verdaderas, poniéndoles delante de sus ojos los hombres grandes de todos los siglos y de todas las naciones que han honrado las artes profesándolas; pero esto sería demasiado largo.”¹⁵⁹

A la par de su trabajo administrativo, Caldas entró como profesor a su antiguo colegio a dictar la cátedra de derecho civil y así se encontró ejerciendo su profesión de Bachiller en Derecho, fungiendo como funcionario público y ocupando una cátedra importante en el distinguido claustro educativo del que había egresado años antes.

Sin embargo, para 1795 Caldas empezó a acusar ciertos quebrantos de salud que llegaron al extremo de causarle una fatiga crónica que le imposibilitaba para cualquier labor relativa al estudio y la lectura. Dada la ausencia de algún tipo de registro médico, de testimonios de amigos o conocidos o de documentos que profundicen en el asunto más allá de las palabras del propio Caldas, es muy difícil determinar con certeza a qué dolencias se refería al mencionar sus quebrantos de salud pero lo cierto es que - a pesar de tratarse de un joven de veinticuatro años sin antecedentes de enfermedad - su salud acusó un franco deterioro que llegó a imposibilitarlo para cualquier tipo de trabajo intelectual. Con el paso del tiempo, estas dolencias y fatigas crónicas fueron remitiendo hasta desaparecer y, muy al contrario, los años hicieron de Caldas un viajero aguerrido y veterano sin que su salud se viese entonces debilitada ni representase en lo sucesivo, salvo dolencias pasajeras, un

¹⁵⁸ Caldas usa este eufemismo para expresar el riesgo que corrían las jóvenes abandonadas a su suerte de terminar ejerciendo la prostitución. *Carta 3 de Febrero 5 de 1793 dirigida al señor Diego Antonio Nieto, Gobernador y Comandante General de la Provincia de Popayán.* p.34.

¹⁵⁹ *Carta 3 de Febrero 5 de 1793 dirigida al señor Diego Antonio Nieto, Gobernador y Comandante General de la Provincia de Popayán.* pp.31-32.

impedimento que estorbase su inagotable labor de estar recorriendo montañas para realizar mediciones meteorológicas, observar fenómenos astronómicos y recolectar muestras botánicas.

Enfermo y frustrado al no poder dedicarse de lleno al estudio de las ciencias, Caldas tomó una decisión radical: en lo sucesivo, para vencer la debilidad del cuerpo y el aburrimiento del alma, decidió hacerse comerciante itinerante de ropas, telas y abalorios diversos pues así, pensaba, lograría distraer el espíritu y recorrer caminos y vencer la congoja y la apatía que le aquejaban.

Confió entonces su decisión a su confidente y mejor amigo Santiago Arroyo, el 9 de diciembre de 1795, al escribirle:

“Ya sabría usted la prohibición que los médicos, en especial el doctor don Mariano, me hicieron de cualquiera lectura sólida o seria que pidiera mucha atención y en que trabajase la mente. Yo jamás he podido apagar aquel gusto, aquella satisfacción que se experimenta en el estudio. Sólo la sepultura es capaz de agotar la inclinación a la lectura. ¡Qué dolorosa me sería esta determinación! Tengo la satisfacción que hablo con quien sabe lo que digo, y penetra el peso de la materia. No obstante mis males, me inquietaron a la lectura de la cátedra de Derecho Civil, el señor Gobernador y el doctor Grijalba. Como me tocaron en mi pasión dominante, atropellé cuantos obstáculos se me opusieron. Ya me consideraba robusto, ya fingía modos de suavizar la tarea que pide el desempeño de esa cátedra, ya hallaba máximas, en fin, yo hice callar a la conciencia y a la razón, y puse sobre mis hombros una carga que no podía soportar. Tanto ciega una pasión desenfrenada. Presto experimenté el castigo de mi temeridad. No pasaron ocho meses cuando me hallé en situación incapaz de ver la corta tarea de uno o dos folios de Instituta cada día. Me fue preciso ceder y renunciar la dicha cátedra. El poderoso motivo que me hizo desistir de la cátedra, me impedía seguir práctica para recibirme; en dos palabras, toda ocupación de libros me era gravosa por la debilidad extremada de mi cabeza. Cuasi desesperado, cansado de una vida inútil, y de la ociosidad más dura que la muerte, me resolví a tomar la ocupación de tratar con ropas, y ser de utilidad a mi casa, divertir mi imaginación y ocuparme.”¹⁶⁰

4.2 - Travesías y vivencias a lomo de mula.

La decisión de renunciar a la vida citadina payanesa y a los cargos que como jurista había venido desempeñando resultaba muy cuestionable pues parecía enturbiar, quizá de manera definitiva, la proyección social del joven Caldas. El decantarse por el oficio de mercader itinerante no parecía la mejor elección ni en sentido económico ni tampoco en relación al prestigio personal ni familiar pero, dadas las condiciones, parecía una opción válida para distraer las dolencias del cuerpo y del alma.

Comenzó entonces un tiempo de errancia que empezó a resultar muy reconfortante y fructífero para el joven Caldas que encontró en el comercio una ocupación digna para sentirse útil y, sobre todo, halló en el constante viajar entre montañas, paisajes y pueblos, una fuente inagotable de distracción y de descubrimiento.

¹⁶⁰ Carta 8 de Diciembre 9 de 1795 dirigida a Santiago Arroyo. pp.38-39.

Lo que en un principio parecía una decisión cuestionable empezó a convertirse para Caldas en una experiencia gozosa que amplió inmensamente los horizontes de su juventud al exponerlo a realidades que nunca había llegado a vislumbrar puesto que toda su vida había transcurrido en los recatados ambientes citadinos de Popayán y Santafé. Al viajar durante días y días por exóticos paisajes de inmensa belleza, Caldas fue descubriendo la naturaleza del trópico americano escindida en toda una variedad de ambientes que modulaban entre cumbres de nieves perpetuas, páramos nublados, montañas inmensas, ríos caudalosos y, en las tierras calientes, selvas agrestes en gran parte inexploradas.

Hasta aquel año de 1795, el único conocimiento que Caldas había tenido de las ciencias físicas y naturales se limitaba a las lecciones escolares de su maestro José Félix de Restrepo y a la escasa formación autodidacta que él mismo se había agenciado a partir de la lectura de los pocos libros a los que había logrado acceder. Ahora, el joven Caldas se encontraba en una situación privilegiada - que hubiera resultado envidiable para cualquier naturalista europeo del siglo XVIII - pues podía recorrer y observar algunos de los entornos más fabulosos y ricos del planeta en términos de biodiversidad y variedad de climas y ecosistemas. Tal y como le había ocurrido a Mutis al llegar por primera vez al Nuevo Reino de Granada en 1760, la imaginación y la inteligencia de Caldas quedaron fascinadas ante la naturaleza del trópico americano y confirmaron en él su vocación de estudioso de las ciencias y de naturalista empírico.

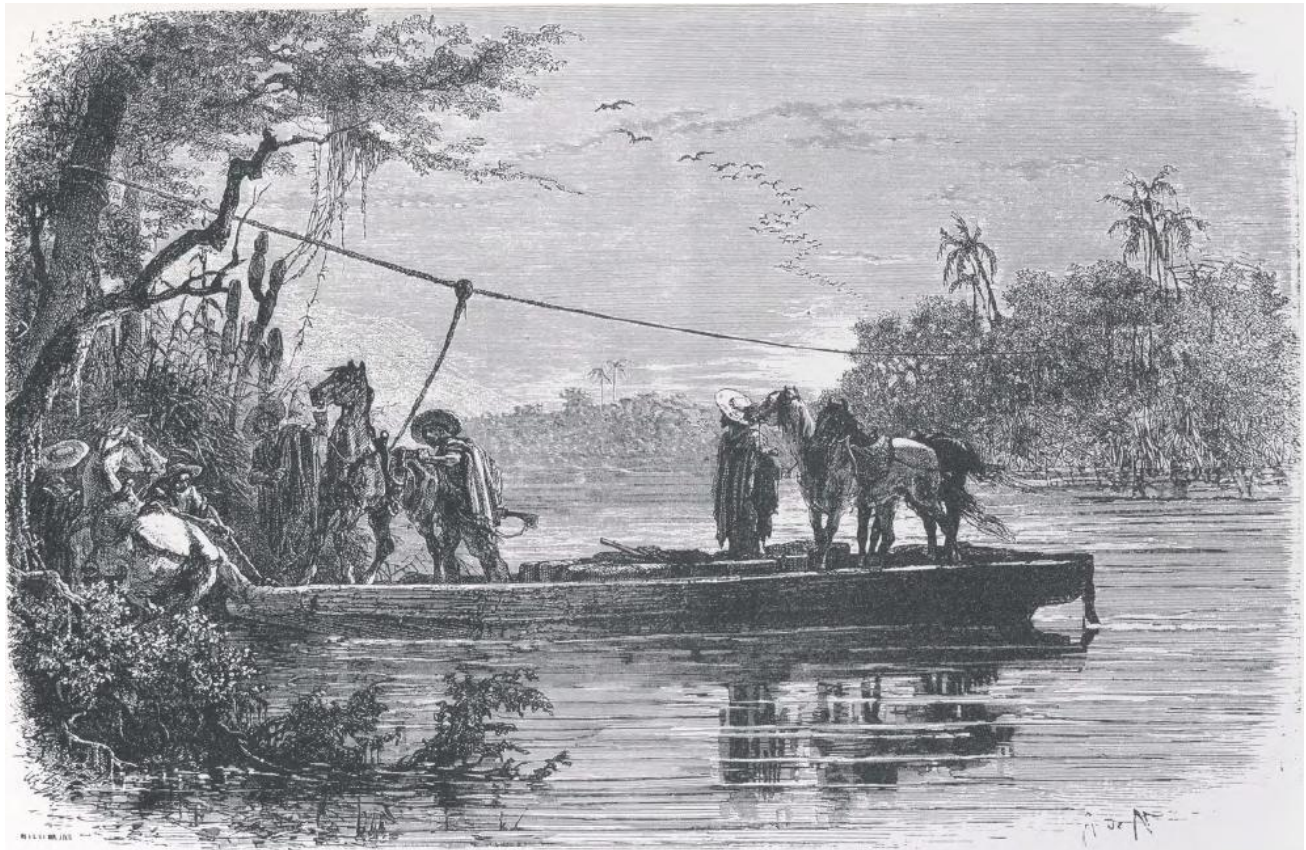
Su experiencia como viajero le hizo también tomar conciencia de las realidades materiales y sociales del virreinato al constatar la ineficacia gubernamental y el retraso económico, tecnológico y administrativo que se reflejaban en dificultades tales como la ausencia de infraestructura y la carencia de medios adecuados de transporte y de comercio.

Todo lo que observaba en sus travesías despertaba su interés y seducía su imaginación: las condiciones meteorológicas, los eventos celestes (eclipses, fases lunares y el tránsito de las constelaciones y sus estrellas a lo largo del año solar), la profusión de animales, plantas, árboles y hierbas medicinales, el trasegar de los ríos, los cambios abruptos de las temperaturas y las condiciones climáticas dependiendo de la altura sobre el nivel del mar...

“Me apliqué al [comercio] de ropas de Quito en esta jurisdicción de Timaná. Aquí me hallo desde julio de este de 95 con utilidad, pues ofrece ganancia regular. La feria se hace los domingos y demás días de fiesta, y en el resto de la semana se está en calma, hasta el domingo siguiente. Para llenar estos días vacíos de negocios, y separado de las conversaciones de los ciudadanos, me ha llamado la naturaleza: ella me encanta, me arrebató, y ya estoy hecho un observador común: todo me llama la atención y mueve mi curiosidad. Esta ocupación no grava mi cabeza con lecturas, no ocupa demasiado, agrada, divierte, instruye sin la menor pensión. La multitud de plantas nuevas para mí y verdaderamente raras me han llenado muchas horas; los peces, animales, ríos, colinas, genios, usos, costumbres, comercio, población, vicios y virtudes de sus habitantes llenan todos mis momentos. Una cadena de observaciones y

discursos me divierten mis flatos, de que estoy bien mejor. Ojalá hubiera hallado este medio diez años antes."¹⁶¹

Geología, meteorología, astronomía, física, botánica... bastaron estas travesías e itinerarios a lomo de mula en pos de inciertos beneficios mercantiles para que los intereses científicos de Caldas se manifestasen plenamente no sólo con la racionalidad de su mente analítica sino también con el romanticismo propio de aquella época. Poco a poco las dolencias (quizá sicosomáticas o neuróticas) que le habían impulsado a abandonar su vida citadina en Popayán fueron desapareciendo y se transformaron en los quebrantos propios del viajero expuesto a las inclemencias del clima y los caminos.



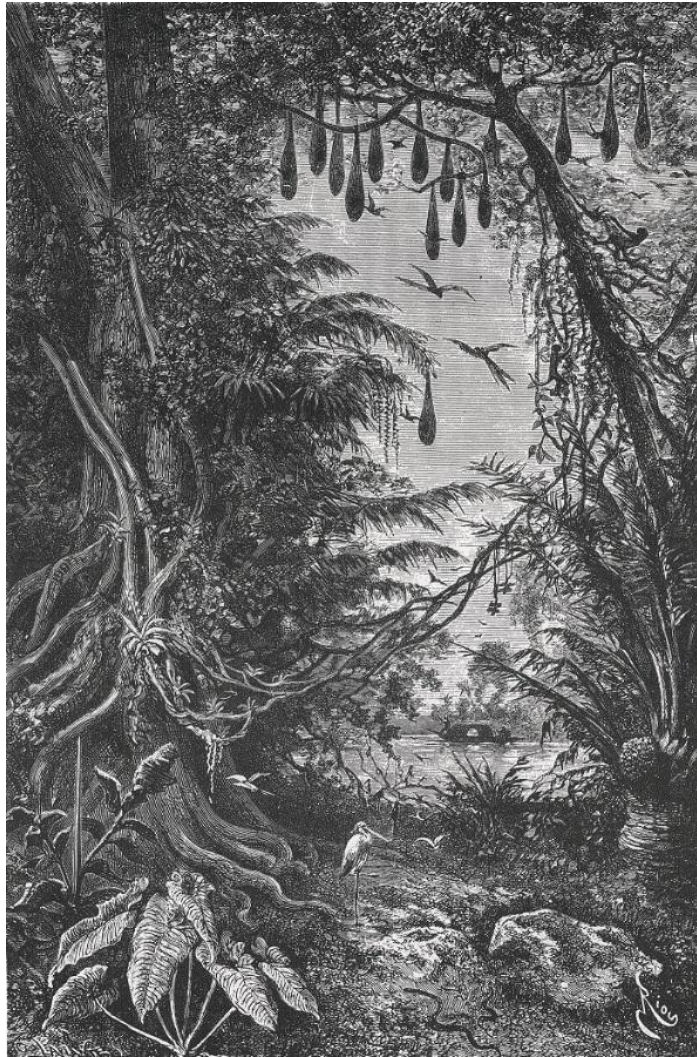
*Balsa en el río Cauca.*¹⁶²

Si bien las elucubraciones científicas de Caldas tardaron aún algunos años en fructificar y en transformarse en diarios de anotaciones sistemáticas, artículos científicos y en diversos escritos que dan cuenta de fenómenos concretos (como la influencia del clima sobre los seres vivos, las variaciones de la vegetación en función de la altitud sobre el nivel del mar o sobre cómo medir la altura de una

¹⁶¹ Carta 8 de Diciembre 9 de 1795 dirigida a Santiago Arroyo. p.39.

¹⁶² Dibujo del ilustrador francés Alphonse-Marie-Adolphe Deneville (1835-1885). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.29.

montaña a partir de mediciones termométricas),¹⁶³ las vivencias propias de su experiencia como viajero son un valioso testimonio de lo que significaba recorrer la América tropical a finales del siglo XVIII.



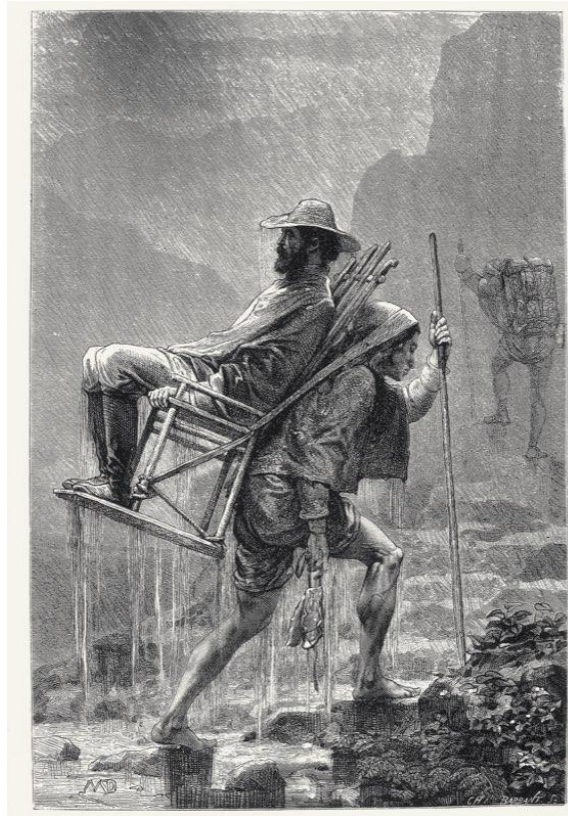
La selva virgen en las márgenes del Magdalena. ¹⁶⁴

Para finales del siglo XVIII, en las espesuras andinas y selváticas del Nuevo Reino de Granada, los desplazamientos entre villas y ciudades debían hacerse forzosamente a lomo de mula pues éstas, las mulas (también llamadas acémilas o, dependiendo del sexo del animal, machos de carga), eran las cabalgaduras ideales por su fortaleza, capacidad de carga, agilidad y paso seguro sobre las trochas y, sobre todo, por su inteligencia - y cierta malicia y terquedad legendarias - para sortear los pasos peligrosos; los caballos y burros resultaban un poco menos aguerridos y confiables a la hora de enfrentar las extremas condiciones de los caminos. No existían las diligencias o coches de caballos

¹⁶³ Como compendio total de la obra científica de Caldas (que suma unas 500 páginas y se compone de más de 40 textos independientes entre artículos, memorias, informes y apuntes de viaje), véase: CALDAS, Francisco José. *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966.

¹⁶⁴ Dibujo realizado por el ilustrador francés Édouard Riou (1833-1900). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.91.

para este tipo de viajes pues las trochas eran demasiado agrestes y precarias y la topografía muy quebrada como para posibilitar el tránsito de carros de tiro; otra alternativa era realizar algunos trayectos de extrema dificultad (en donde por lo pendiente, estrecho y fangoso del camino hasta las cabalgaduras podían resbalarse) en sillas de manos individuales que iban atadas a la espalda de peones cargueros descalzos.¹⁶⁵



Carguero en el monte de la agonía.¹⁶⁶

En ocasiones (si las condiciones climáticas lo permitían), también era posible desplazarse en canoa sobre ríos caudalosos como el Río Cauca o el Río Grande de la Magdalena pero los viajeros entonces se exponían a los peligros de las crecidas y naufragios y tenían que soportar el calor extremo de estos valles fluviales infestados de alimañas, mosquitos y en donde era inevitable padecer picaduras que producían fiebres y padecimientos que bien podían llevar a la muerte.

¹⁶⁵ Como obra de contexto general sobre el tema de la arriería, los caminos y los medios de transporte, véase: MORALES BENÍTEZ, Omar. *La gesta de la arriería*. Editorial Planeta. Santafé de Bogotá. 1997.

¹⁶⁶ El Barón Alexander von Humboldt describió así esta práctica de peones cargueros: "Siendo pocas las personas acomodadas que tienen el hábito de andar a pie en estos climas y por caminos tan difíciles durante diez y nueve o veinte días seguidos, se hacen llevar en sillas que se colocan los hombres en la espalda, pues el paso del Quindío no permite andar en mulos. Se oye decir en este país andar en carguero, como quien dice ir a caballo, sin que por esto se crea humillante el oficio de carguero [...] Cuando los españoles intentaron hacer practicables a los mulos estos senderos de Nare a Antioquia, los cargueros protestaron de la mejora, y el gobierno tuvo la debilidad de ceder a la reclamación." HUMBOLDT, Alejandro de. *Sitios de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América*. Imprenta y Librería de Gaspar, Editores. Madrid. 1878. pp.54-55. Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.150.



Navegación en el río Dagua.¹⁶⁷

Los testimonios de viaje que han sobrevivido dan buena cuenta de los peligros y condiciones extremas que era necesario enfrentar en los desplazamientos cotidianos pues la única manera de viajar entre las ciudades del virreinato era asumir los riesgos y realizar los durísimos y prolongados viajes a lomo de mula (pues no era posible subir a la cordillera ni remontar las montañas siguiendo el curso de los ríos que se despeñaban entre rocas y cascadas de las tierras altas y que solamente resultaban navegables en las llanuras bajas de los valles interandinos).¹⁶⁸

A manera de ejemplo, valga una escueta anotación que Mutis escribió en su diario recordando las últimas jornadas de su viaje de llegada desde Cartagena a Santafé en 1761:

“El día 17 de febrero salimos de Honda para llegar a nuestro destino. Este camino es todo por tierra, y sus peligros no pueden ponderarse. Yo puedo asegurarle a vuesamerced que para volverlo a pasar haré todas mis disposiciones, como si fuera a morir.”¹⁶⁹

¹⁶⁷ Dibujo del ilustrador francés Alphonse-Marie-Adolphe Deneuille (1835-1885). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.31.

¹⁶⁸ Como valiosas fuentes documentales sobre viajes al territorio del Nuevo Reino de Granada, véase: SANTA GERTRUDIS, Fray Juan de. *Maravillas de la naturaleza*. 4 volúmenes. Biblioteca de la Presidencia de Colombia. Empresa de Publicaciones. Bogotá. 1956. Y: D'ORBIGNY, Alcide. *Viaje pintoresco a las dos Américas, Asia y África*. 3 Volúmenes. Imprenta y Librería de Juan Oliveres. Barcelona. 1842.

¹⁶⁹ HERNÁNDEZ, Guillermo. *Archivo epistolar del sabio naturalista José Celestino Mutis*. 4 Volúmenes. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. Editorial Presencia. Bogotá. 1983. Tomo I. *Carta escrita por José Celestino Mutis en Santafé de Bogotá el 21 de marzo de 1762* (no se conoce el nombre del destinatario). p.13.

Años después, el Barón Humboldt y su compañero Aimé Bonpland¹⁷⁰ recorrieron el mismo trayecto entre abril y julio de 1801; recordando la travesía del Río Magdalena y el posterior ascenso a Santafé, escribió Humboldt a su hermano Wilhelm:

“Estoy extraordinariamente contento, mi salud es tan buena como no lo fue nunca, mi valor es inquebrantable, mis planes tienen éxito, y en todas partes donde llego soy recibido con obligante diligencia. Me he habituado tan bien al nuevo mundo que me rodea, a la vegetación tropical, al color del cielo, a los puestos de las constelaciones, a la vista de los indios, que Europa sólo aparece a mi imaginación como un país que vi durante mi niñez. [...]

La violencia de las olas y de la poderosa corriente nos retuvo por 45 días en el Magdalena, y durante este tiempo nos hallamos siempre entre selvas poco habitadas. No se encuentra una casa ni otra vivienda humana en una extensión de 45 millas francesas. Nada te digo del peligro de los rápidos, de los mosquitos, de las tempestades y de las intemperies, que aquí se prolongan de manera ininterrumpida, y encienden todas las noches la bóveda celeste, pues te he descrito todo eso en detalle en varias otras cartas. [...]

Yo he seguido perfectamente bien en medio de las miasmas de los ríos y de las picaduras de mosquitos que producen inflamación, pero el pobre Bonpland ha tenido de nuevo tres días de fiebre en el camino de Honda a Santa Fe. Eso nos obligó a permanecer en esta última ciudad 2 meses enteros, hasta el 8 de septiembre de 1801.”¹⁷¹

En los escritos de Caldas también es posible hallar extensas descripciones de los diversos entornos que recorrió y en los que realizó sus observaciones científicas, ya fuesen éstas mediciones barométricas (para calcular presiones atmosféricas y la altitud de las montañas sobre el nivel del mar), u observaciones astronómicas (en especial eclipses lunares y ocultación de los satélites de Júpiter que permitiesen calcular longitudes), o extensas anotaciones sobre el entorno natural y las especies zoológicas y botánicas de determinada zona, o elucubraciones antropológicas sobre la influencia del clima de las regiones sobre el modo de ser de las personas y los pueblos que allí habitaban.

Es importante destacar el hecho de que, a pesar de ser aún un personaje en gran medida desconocido dentro del panorama de la historia de la ciencia occidental, Francisco José de Caldas no desmerece en nada como naturalista, ni como cronista, ni como científico, de cualquier afamado explorador europeo. Caldas, de hecho, tuvo a su favor no sólo un claro talento natural como observador de la

¹⁷⁰ **Aimé Jacques Alexandre Goujaud Bonpland** (1773-1858) fue el compañero de exploración de Humboldt durante su expedición conjunta por América entre 1799 y 1804 y, a título personal, se destacó, también como naturalista, médico y botánico. Sobre su vida y obra, véase: BRUNEL, Adolphe. *Biographie D’Aimé Bonpland*. L. Guérin & Cía. Éditeurs. París. 1871. Y, como fuente primaria sobre la gran expedición conjunta de Humboldt y Bonpland por el continente americano, véase: HUMBOLDT, Alejandro de. *Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente*. 5 volúmenes. Monte Ávila Editores. Caracas. 1991.

¹⁷¹ HUMBOLDT, Alexander von. *Carta a Wilhelm von Humboldt del 21 de septiembre de 1801*. Transcrita en: PÉREZ, Enrique. *Alejandro de Humboldt en Colombia*. Instituto Colombiano de Cultura. Bogotá. 1981. pp.235-240.

naturaleza y un gusto por la minucia y la catalogación sino que también llegó a poseer un conocimiento muy profundo de los entornos que exploró y estudió científicamente pues pasó en ellos toda la vida y los recorrió incansablemente durante muchos años. Como punto de comparación, no hay que perder de vista la circunstancia de que, por más fama o reconocimiento que tuviesen como grandes exploradores, los viajeros y naturalistas europeos que recorrieron durante los siglos XVIII y XIX la América equinoccial (siendo Humboldt el ejemplo más famoso) solo fueron de paso por las regiones del trópico americano pues era una etapa más de sus grandes periplos interoceánicos y por ello - y más allá de sus probados e innegables talentos y logros - tuvieron siempre una perspectiva extranjera y algo superficial dada su condición de científicos itinerantes.

En contraste, José Celestino Mutis llegó al Nuevo Reino de Granada en 1760 y permaneció allí hasta su muerte en 1808; durante esos 48 años recorrió el Río Magdalena entre Honda y Cartagena en más de dos ocasiones y, además, realizó muchísimos viajes de varias jornadas por las zonas cercanas a Santafé bajando y remontando la cordillera una y otra vez, recorriendo y explorando todos los pisos térmicos (y observando en detalle las enormes variaciones en cuanto a fauna y flora debidas al clima); consecuentemente, su conocimiento del entorno natural neogranadino era muy profundo y mucho más completo que el que podían lograr naturalistas viajeros tras haber pasado algunas semanas o meses en estos ecosistemas tan ricos y diversos.

Y Caldas viajó aún más que Mutis por el territorio comprendido entre Santafé y Quito puesto que durante por lo menos diez años - entre 1795 y 1805 - su principal ocupación y afición fue realizar innumerables viajes de exploración en los que contempló y estudió a fondo la inmensa variedad biológica y geográfica de las montañas andinas de la América ecuatorial. Su perspectiva, aunque regional y un tanto provinciana - puesto que lo largo de toda su vida solo recorrió parcialmente los territorios del Nuevo Reino de Granada y de la Provincia de Quito -, llegó a ser la del experto que ha llegado a conocer muy a fondo su objeto particular de estudio aunque carezca de un punto de vista más universal y cosmopolita como el que caracterizó, por ejemplo, a Humboldt en su calidad de viajero consumado y polímata brillante.

De esta manera, los apuntes de viaje de Caldas no desmerecen en nada de los apartes citados e incluso van más allá en cuanto a minuciosidad y detalle pues no dudaba en corregir datos que reconocía como erróneos gracias a su conocimiento profundo del entorno que describía. Por ejemplo, en un texto de 1812 en el que registró un viaje personal entre la villa de Santafé y la ciudad de Tunja, titulado *Viaje al Norte de Santafé de Bogotá*, da una muy buena muestra de su talento como observador y naturalista pues va hilando impresiones sobre la geografía del terreno con observaciones de las condiciones climáticas, incluyendo también anotaciones de medidas barométricas que fue realizando sobre la marcha y mencionando variedades botánicas que reconocía como experto; además, registró también datos prácticos para los viajeros sobre las condiciones del camino sin olvidar incluir algunos apuntes históricos de interés general.¹⁷²

¹⁷² Véase: CALDAS, Francisco José. *Viaje al norte de Santafé de Bogotá*. En: *Obras completas*. pp.499-502.

Por lo demás, aunque no son muy abundantes en la correspondencia personal de Caldas, ni en sus diversos artículos y memorias sobre asuntos variados, los apuntes casuales sobre las dificultades del camino y las dolencias aparejadas a tan duras jornadas, se encuentran desperdigadas en sus escritos varias anotaciones que dan buena cuenta de la exigencia y la intrepidez que demandaban esos prolongados desplazamientos a lomo de mula a través de selvas, ríos y montañas:

“Después de haber gastado treinta y tres días en pasar un camino que se hace en doce, llegué a éste, El Gigante, algo quebrantado de salud. Justo es que le participe a usted todas las aventuras y trabajos de este viaje.

Salí ya, usted bien lo sabe, el 1° de octubre por la tarde; vine al [río] Bogotá, y el 2 aún no alcancé a La Mesa, por lo mojado del camino, y porque salí tarde de este pueblo; el 3 llegué a La Mesa, en la que, aunque me esperaban ya con mulas, vivía su dueño bien lejos de ésta, y mientras se le avisó, vino, se ajustó, volvió por ellas y me sacó de aquí, gastó nueve o diez días. [...]

Este día, al empezar mi jornada, tenía que pasar una ladera bastante parecida a las de Páez; como ya he experimentado lo que es esto, comencé a temer algún efecto triste, y seguramente se hubiera verificado si no me hubiera instruido en las orillas de ese río. A lo pésimo de estos lugares se había de añadir lo vil de las mulas. Un bribón, avaro de fletes, engañó al Teniente Camacho y a mí, suponiendo eran fuertes sus caballerías; el primer día no noté nada; el segundo, tampoco; pero en el tercero comencé a experimentar cuantos peligros y riesgos se pueden esperar en estos tránsitos. Fuime al mal paso llamado Peñón de Tocaima a ver pasar mis cargas; pero a pesar de las precauciones y cuidado que puse, rodó una mula, y poco le faltó para caer en el mismo río; por fortuna había árboles a la orilla, y quedó engarzada la carga en ellos con la mula; algo padeció, pero no murió, ni sucedió otra cosa notable en esta jornada, en que fui a Agua de Dios. En este estado llegó el correo, y no hay más tiempo; y a Dios, que le guarde más años.”¹⁷³

Con su conversión a comerciante viajero, el joven Caldas aficionado a las ciencias y a la observación de la naturaleza fue sorteando y soportando las inclemencias de las trochas y las selvas mientras se maravillaba con todas las novedades biológicas y físicas que descubría a cada paso; no faltaron las dolencias, ni los peligros, ni el verse obligado a trashumar por lugares malsanos, pero sobre todas las incomodidades y penurias, estuvo siempre su pasión por el conocimiento de la naturaleza y el deseo de experimentar, medir y registrar:

“Partimos de Popayán el 11 de agosto de 1801, don Toribio Rodríguez y yo: después de dos días de camino que no ofrecieron cosa notable a nuestras indagaciones, comenzamos a bajar al valle de Patía; el calor se aumentaba por momentos, y ambos empezamos a caer en un entorpecimiento y una languidez, que no apetecíamos más que estar en perpetua inacción, y dormir; yo no me conocía: todos los proyectos que antes de nuestra partida nos habían ocupado tanto, los miraba con fastidio siempre que exigiesen sacarnos del letargo y del lecho. Un baño de 40 a 50 grados de calor en el que nos hallábamos sumergidos, nos agotaba

¹⁷³ Carta 9 de Noviembre de 1796 dirigida a Santiago Arroyo. pp.41-42.

las fuerzas con el continuo sudor; pero por fortuna nuestra, y de nuestras observaciones, a los dos días sentí que se disminuía mi pereza, que mis miembros comenzaban a adquirir algún vigor, al tiempo que mi compañero se abatía más; yo me apresuré a observar en el centro de este valle, y en el lugar más bajo, la elevación del mercurio en el barómetro, y lo que es más terrible, la del termómetro sumergido en el agua destilada, de la que traía muy buena provisión. Era preciso duplicar el calor en que vivía acercándome a un brasero y a los ardientes vapores que exhalaba el agua: era preciso arrostrar todos los horrores del Senegal, para poder fijar el grado y fracción en que se sostenía el licor del termómetro, y esto muchas veces para asegurarme bien.”¹⁷⁴



*Paso en el canal del Dique.*¹⁷⁵

Llama la atención el que la correspondencia personal de Caldas es siempre muy prolífica en observaciones geográficas y meteorológicas y abunda en mediciones y registros de temperatura y altitud pero nunca menciona detalles ni se interesa por nada relativo a su supuesta profesión de comerciante de mercancías. A lo largo de toda su vida, el Caldas viajero fue escribiendo con mucho entusiasmo a sus amigos sobre observaciones geográficas y meteorológicas incluyendo datos

¹⁷⁴ Carta 44 de Septiembre 21 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.118.

¹⁷⁵ El Canal del Dique es paso fluvial artificial del río Magdalena, con una extensión de 115 kilómetros, en la costa Caribe de la actual Colombia, que fue construido por los conquistadores españoles a lo largo del siglo XVI para posibilitar la navegación entre el río Magdalena y la ciudad de Cartagena de Indias. El canal se construyó para habilitar la comunicación y el transporte entre el río y la ciudad puesto que el paso terrestre se hacía impracticable en temporada de lluvias y, a su vez, para evitar el desplazamiento fluvial por el Mar Caribe para remontar el río desde su desembocadura (trayecto mucho más largo y peligroso). Dibujo del ilustrador francés Alphonse-Marie-Adolphe Deneuville (1835-1885). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.27.

barométricos y termométricos y siempre, sobre las penurias de los climas y la incomodidad de las posadas y villorrios que atravesaba y en los que debía residir algunos días, se impuso el observador disciplinado que contemplaba, medía, registraba y analizaba. En ocasiones brillaba en él su faceta de hombre romántico y usando un lenguaje adornado citaba lecturas y autores o, como contraste, mencionaba muy de pasada peligros mortales pero, en todo momento, su prioridad era el medir y registrar datos meteorológicos, geográficos y astronómicos, que sirviesen de sustrato a sus solitarias elucubraciones científicas:

“Yo me dejo arrebatar de mi entusiasmo y de la sensación que experimenté en el momento que vi a Pasto; confieso a usted que me creí transportado a la antigua Bética, pomposamente descrita por Fenelón¹⁷⁶; pero no quiero suprimir las sombras de este cuadro, es preciso ser fiel en las narraciones. Tan bella como es la campaña, tan encantadores como son los alrededores de la ciudad, es deforme, desgreñada y puerca ésta; sus casas malísimamente construidas, oscuras y llenas de inmundicias. Confieso a usted que hace un terrible contraste con su campaña. Un vecino de Pasto trasladado a Popayán me parece que es un inglés en Holanda. El temperamento es bueno, y mi termómetro en el tiempo que paré varió de 7½ a 12°. Las aguas, aunque cristalinas, tienen la propiedad de dañar el estómago de los pasajeros; yo sentí demasiado los malos efectos de ella, y si, como me duró el accidente veinticuatro horas, me dura cuarenta y ocho, me pone en el sepulcro.”¹⁷⁷

Y así, para 1795, Caldas se encontraba sumergido en la aventura comercial que había ideado como alternativa a sus quebrantos de salud; la profesión de comerciante itinerante, si bien se encontraba por debajo de la alcurnia de su linaje y de su formación académica, le había aliviado las tristezas y fortalecido el cuerpo y, como recompensa inesperada, le había concedido la oportunidad de contemplar día tras día, en las largas travesías a lomo de mula, el espectáculo de la naturaleza neogranadina desplegado en toda su magnificencia y variedad de climas y paisajes; pero entonces un accidente desafortunado vino a desbaratar los planes de Caldas:

“Mi amado y estimado don Camilo:

Así que pensé aliviar a mi casa de algún modo y yo restablecerme en mi enfermedad, dejando a Popayán, me han seguido los trabajos. El 14 de éste salí con ropas para Neiva y Timaná, y el 20, pasando por las laderas del río Páez, estaba por los montes, se me rodó la carga de baúles llena de intereses, ropas y alhajas, que aprecio el todo en cuasi tres mil pesos. Temiendo esto, mi hermano Camilo advirtió al arriero trajese la mula de diestro para evitar este fracaso. Este haragán no lo obedeció, y en una estrechura peligrosa se

¹⁷⁶ Caldas hace referencia al escritor francés François de Salignac de la Mothe, coloquialmente conocido como **François Fénelon** (1651-1715) quien, aparte de ser sacerdote, obispo y teólogo, obtuvo fama gracias a su novela *Las aventuras de Telémaco* que, como demuestra la mención de Caldas, gozó de gran popularidad en el siglo XVIII.

¹⁷⁷ Carta 45 de Octubre 6 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.122.

desbarrancó la mula con carga y todo, de la que no hay ni noticia, a pesar de los cuidados que hemos puesto para su busca.

Yo no atribuyo la culpa tanto al arriero cuanto al maldito camino y al descuido del comisionado del Cabildo de Popayán para componerle, y también al mismo Cabildo y propios por la confianza suma que han puesto en el comisionado. En el pueblo de Inzá se nos exige por la mula y por la carga dos reales solamente, con el fin de la composición del camino; el común sufre esta carga, y el camino ha cosa de un año no se compone.”¹⁷⁸

Si bien resulta muy difícil, a siglos de distancia, cuantificar la dimensión de la pérdida monetaria sufrida por Caldas en el accidente, una muy buena estimación puede hacerse consultando su propia correspondencia: años después, en una misiva dirigida a Mutis en 1804, Caldas hizo un recuento pormenorizado de sus gastos de mantenimiento mensual en los que reseñaba el valor del alojamiento, el costo de víveres tales como queso, chocolate, ‘pan diario’ y ‘cajas de dulce’, y también incluía el valor de otros elementos indispensables como zapatos, jabón, medicinas y velas para alumbrarse en su trabajo, y el costo de servicios como el pago del barbero, de una cocinera y de una lavandera y terminaba afirmando que:

“A usted también incluyo una planillita de mis gastos mensuales, sin andar. Se deduce de todo que le digo que más que me estreche no puedo sostenerme con menos de 50 pesos mensuales, cuando pare y muchos más cuando camine.”¹⁷⁹

Si bien esta lista de manutención no incluía lujos ni gastos suntuarios de ningún tipo, se puede inferir entonces que el mantenimiento básico de una persona rondaba los 50 pesos mensuales y, si la pérdida sufrida en el accidente alcanzó el monto de 3000 pesos, esa cantidad equivalía al sustento personal de Caldas durante 60 meses: el dinero suficiente para cinco años de manutención perdido en un lance de mala fortuna.¹⁸⁰

¹⁷⁸ Carta 5 de Julio 24 de 1795 dirigida a Camilo Torres. pp.35-36.

¹⁷⁹ Carta 89 de Febrero 6 de 1804 dirigida a José Celestino Mutis. p.244.

¹⁸⁰ Como punto de contraste, y sin olvidar el complejo proceso de cambio de monedas y denominaciones y del valor relativo del dinero a lo largo de los siglos, puede reseñarse, aproximadamente, que el precio de un esclavo adulto en el Nuevo Reino de Granada, hacia comienzos y mediados del siglo XVIII - entre 1722 y 1738 aproximadamente -, podía ser de unos 200 o 250 pesos. En conclusión, 3000 pesos representaban una cantidad considerable y el perderlos en un lance de mala suerte bien podía significar una pérdida catastrófica para un hombre de negocios y máxime teniendo en cuenta las modestas condiciones económicas de Caldas que lo habían impulsado a hacerse comerciante. En cuanto a los parámetros económicos relativos al comercio esclavista colonial, véase: COLMENARES, Germán. *Historia económica y social de Colombia*. Tercer Mundo Editores. 2 Volúmenes. Bogotá. 1999. Tomo II: *Popayán: Una sociedad esclavista 1680-1800*. Primera Parte. Capítulo III. pp.31-48. Y, como textos de análisis de la economía colonial y del sistema monetario: ARANGO, Luis. “El sistema monetario de Colombia”. En: *Revista de Economía Institucional*. Bogotá. Volumen 15. Número 29. 2013. pp.305-318. Y: GUERRERO, Amado. *El sistema monetario en el Nuevo Reino de Granada durante el siglo XVIII*. Disponible en: <http://gidrot.com/materials/docs/her1.pdf> [Consultado en Enero 23 de 2019]

La mala suerte parecía seguir a Caldas en todos sus proyectos: apenas había superado sus estudios universitarios en Santafé cuando lo aquejó cierta debilidad que le dificultaba leer y estudiar y tuvo que resignarse al título de *Bachiller en Derecho* sin poder avanzar hasta titularse cabalmente de abogado; después, regresó a Popayán y desempeñó el cargo de *Padre General de Menores* y ocupó como profesor la cátedra de jurisprudencia en su antiguo colegio pero de nuevo lo aquejaron sus dolencias físicas y cierto abatimiento de ánimo que lo incapacitaron también para continuar ejerciendo su profesión; por último, decidió cambiar de rumbos y optó por la ocupación de mercader viajero y, cuando el asunto empezaba a mostrarse como una opción de vida interesante (y sobre todo cuando comenzaba a deleitarse con el permanente viajar y observar la naturaleza y veía la posibilidad de transformarse en un naturalista aficionado con la excusa de su oficio itinerante), vino a despeñarse una mula en un mal camino con carga y abalorios dando un golpe funesto a la modesta fortuna invertida por Caldas en su aventura comercial trayéndole deudas y nuevas preocupaciones económicas y familiares.

Regresó entonces otra vez al hogar paterno y, aunque no lo sabía aún, ese golpe de aparente mala fortuna fue para Caldas el punto de inflexión de su destino: su vocación de hombre de ciencia se le había manifestado con total claridad en sus travesías y le hizo tomar conciencia del rumbo que quería dar a su vida. A pesar de los contratiempos, fracasos y dificultades, su retorno a Popayán le decidió, por fin, a asumir su vocación de científico y de naturalista.

4.3 - Tras los pasos de los grandes naturalistas.

Aunque el continente americano ya jugaba un papel protagónico en el plano geopolítico mundial desde el siglo XVI, fue en el siglo XVIII cuando el 'Nuevo Mundo' empezó a ser explorado científicamente por muchos estudiosos europeos que, inspirados por el pensamiento ilustrado, se sumergieron en las espesuras del continente americano con el objetivo racionalista de observar, registrar y catalogar todas las particularidades naturales que, hasta ese momento, habían pertenecido más al territorio de la fábula que al de las ciencias. Así, puede afirmarse que para el siglo XVIII la ciencia ilustrada 'redescubrió' el continente americano desde las nuevas categorías de la modernidad.

Dentro de este escenario de exploración y catalogación científica, es relevante y pertinente la reflexión en torno a cómo la ciencia ilustrada contribuyó a que las naciones europeas se 'apropiaran' del entorno natural de las colonias americanas para optimizar aún más su poderío y dominio sobre ellas apelando ahora no sólo al sometimiento militar, político y económico sino también desde el discurso científico. Algunos autores han profundizado en sus investigaciones sobre este trasfondo político llegando a aseverar que la ciencia ilustrada europea y el conocimiento científico, más allá de su veracidad u objetividad, se convirtieron en otro instrumento de dominio sobre los territorios coloniales pues posibilitaron el 'inventario universal' de las riquezas y los recursos del Nuevo Mundo.¹⁸¹

¹⁸¹ Véase: NIETO, Mauricio. *Remedios para el Imperio. Historia Natural y la apropiación del Nuevo Mundo*. Capítulos II y V. pp.59-119. pp.207-246.



Portada de la obra *Observaciones astronómicas, y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegacion* de autoría de Jorge Juan y Santacilia¹⁸² y Antonio de Ulloa¹⁸³ publicado en Madrid en 1748.¹⁸⁴

¹⁸² **Jorge Juan y Santacilia** (1713-1773) fue un explorador español que también destacó como científico, hombre de letras, marino e ingeniero naval. Participó en la *Misión Geodésica francesa* en la que por primera vez, entre 1736 y 1744, se logró medir la longitud del meridiano terrestre demostrando la tesis newtoniana de que la Tierra está achatada en los polos. En 1748 publicó, junto a Antonio de Ulloa, el tratado titulado *Observaciones astronómicas, y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegacion*. En el año de 1757, y por mandato del rey Carlos III, fundó el Real Observatorio de Madrid. Sobre su vida, trabajos y contexto histórico e intelectual, véase: GARCÍA, Diego. *Trascendencia científica de Jorge Juan Santacilia*. Editorial Club Universitario. 2012. ALBEROLA, A. MAS, C. [Editores]. *Jorge Juan Santacilia en la España de la Ilustración*. Universitat d'Alacant. Alicante. 2015. Y: DORCE, Carlos. *Historia de las Matemáticas en España*. 2 Volúmenes. Editorial Arpegio. Madrid. 2017. Volumen I. Capítulo 4. *La entrada en el siglo XVIII*. pp.237-312. Volumen II. Capítulo 7. *La segunda mitad del siglo XVIII*. pp.81-174.

¹⁸³ **Antonio de Ulloa y de la Torre-Giralt** (1716-1795) fue un militar, científico, naturalista y humanista español. Participó en la *Misión Geodésica francesa* que logró determinar la forma exacta de la Tierra entre 1736 y 1744. Fue el fundador del Estudio y Gabinete de Historia Natural de Madrid que, con el tiempo, se transformó en el Real Gabinete de Historia Natural y en el Museo Nacional de Ciencias Naturales. En 1748 publicó, en colaboración con Jorge Juan, la obra titulada *Relación histórica del viaje a la América meridional hecho de orden de S. M. para medir algunos grados de meridiano terrestre y venir por ellas en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la tierra, con otras varias observaciones astronómicas y físicas* en donde hace una profusa descripción de los lugares visitados durante su viaje de exploración incluyendo valiosos datos científicos, etnográficos, culturales, arqueológicos y geográficos. Sobre su vida, obra y contexto, véase: PÉREZ, Pablo. MENSAQUE, Julia. PEÑALVER, Eduardo [Coordinadores]. *Antonio de Ulloa: la biblioteca de un ilustrado*. Editorial Universidad de Sevilla. Sevilla. 2015. Y: DORCE, Carlos. *Historia de las Matemáticas en España*. Volumen I. Capítulo 4. *La entrada en el siglo XVIII*. pp.237-312. Volumen II. Capítulo 7. *La segunda mitad del siglo XVIII*. pp.81-174.

¹⁸⁴ Imagen tomada de:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Observaciones_astronomicas_y_phisicas...._en_los_Reynos_del_Per%C3%BA_1748.jpg [Consultado en Febrero 20 de 2020]

Y la vida y obra de Caldas se encuadran y pueden ser comprendidas dentro de este movimiento de 'redescubrimiento científico' de América que tuvo lugar durante el siglo XVIII pues sus trabajos científicos autodidactas (que realizó a pesar de enormes dificultades tales como su aislamiento cultural, su falta de formación académica científica y su carencia de libros e instrumentos en el comienzo de su trayectoria científica) se integran dentro de este contexto de exploración y apropiación científica del entorno natural americano al igual que lo hacen, por ejemplo, los trabajos científicos de Mutis y Humboldt.

Y este proceso de descubrir, explorar y catalogar el llamado 'Nuevo Mundo' llevó a que la realidad americana cobrara una nueva dimensión científica y filosófica pues el nuevo continente se convirtió en un punto de referencia obligado dentro de los grandes debates científicos; América dejó de ser un reino de fabulaciones para transformarse en espacio de investigación de suma importancia y empezó a ser visto como un lugar privilegiado apetecido por todos los grandes naturalistas, un destino obligado en los periplos científicos de gran envergadura.¹⁸⁵ Desde entonces, ninguna *Historia natural* que tuviera la aspiración de ser 'universal' estaría completa si no incluía a América en sus anales y catálogos; al respecto, es muy dicente la manera como Carl von Linné¹⁸⁶ escribía sobre América en un aparte de una misiva dirigida a su discípulo Pehr Löebling¹⁸⁷ antes de que éste partiera en un viaje de exploración a la Provincia de Venezuela:

¹⁸⁵ Es significativo el hecho de que Humboldt eligió a América como destino del gran viaje de su vida como naturalista y explorador entre 1799 y 1804 cuando, gracias a su fortuna, hubiese podido elegir cualquier otro lugar para adelantar sus trabajos científicos. Igualmente, es muy conocida la importancia que tuvo para la vida y obra de Charles Darwin el haber explorado el entorno natural americano durante su viaje de juventud entre 1831 y 1836 a bordo del bergantín *Beagle* (específicamente, en lo relativo a la posterior concepción y publicación de su teoría biológica de la evolución de las especies a partir de la selección natural). Sobre estas dos figuras, véase: WULF, Andrea. *La invención de la naturaleza. El Nuevo Mundo de Alexander von Humboldt*. Editorial Taurus. Colombia. 2017. Y: HUXLEY, Julian. KETTLEWEL, H.D.B. *Darwin*. Salvat Editores. Barcelona. 1985.

¹⁸⁶ **Carl von Linné** (1707-1778) fue un zoólogo, botánico y naturalista sueco y uno de los científicos más famosos y reconocidos del siglo XVIII. Interesado en encontrar un sistema de clasificación taxonómico universal para los seres vivos, ideó y llevó a la práctica el sistema de clasificación que es la base de la nomenclatura que se utiliza hoy en día en biología. Véase: ANDERSON, Margaret. *Carl Linnaeus. Father of Classification*. Enslow Publishers. Springfield, New Jersey. 1997. Y: ERIKSSON, Gunnar. BROBERG, Gunnar. *Linnaeus, the Man and His Work*. University of California Press. 1983.

¹⁸⁷ **Pehr Löebling o Löfbling** (1729-1756) fue un destacado naturalista y botánico sueco. Fue uno de los llamados diecisiete 'apóstoles de Linneo': un grupo de jóvenes y talentosos alumnos (bautizados como tales por el mismo Linneo) que, a partir de 1750, llevaron a cabo expediciones botánicas y zoológicas a Asia, África, América y el Ártico (de los diecisiete elegidos, siete murieron en el cumplimiento de su misión). Aunque su trabajo es poco conocido, es uno de los personajes más destacados en la historia de las ciencias naturales del período colonial en la América equinoccial (es reconocido como el primer investigador científico que exploró la Provincia de Venezuela y que realizó allí investigaciones biológicas y zoológicas). Murió a la temprana edad de 27 años a causa de vómitos y fiebres en las selvas de la Orinoquía y el extenso herbario que había colectado en las regiones del Orinoco y la Guyana se perdió. Linneo llegó a afirmar al enterarse de su trágica muerte: "Nunca ha perdido tanto la botánica por una muerte y nunca el mundo de la ciencia echará tanto de menos a alguien por una desgracia.". Véase: PUIG-SAMPER, Miguel. *Pehr Löfbling*. Estudio crítico. Fundación Ignacio Larramendi. Edición digital. 2017. Y: MATUTE, María. *Cádiz y la expedición de límites al Orinoco (1754-1761) - Pedro Virgili y Pehr Löfbling*. En: *Revista Hispanoamericana*. Publicación digital de la Real Academia Hispano Americana de Ciencias, Artes y Letras. Número 8. 2018. pp.1-13.

“Toda la maravillosa América será descrita por primera vez por usted: ese destino le han reservado los siglos a usted y a su época. ¡Quién pudiera estar con usted un solo día en el más maravilloso de los paraísos! Lo felicito tanto como me compadezco a mí mismo. Mi querido Loeffling: piense en mí cuando llegue a su reino, envíeme algún ramito de alguna planta extraña, para que pueda participar de su felicidad...”¹⁸⁸

Aunque en un principio Caldas desconocía en su mayor parte estos avances de la ciencia europea sobre América y no había leído a los autores - contemporáneos suyos - que habían volcado su interés científico sobre el entorno natural del Nuevo Mundo, estaba ya inmerso en el espíritu ilustrado que alentó, en las colonias americanas, una nueva lectura del continente desde una perspectiva racional y científica. Al cabo de pocos años, sus trabajos científicos llegaron a ser un testimonio de la manera en que la ciencia moderna logró consolidarse en el Nuevo Reino de Granada y llegó a producir un conocimiento científico regional tan válido como el surgido de la pluma de autores europeos como Humboldt.

Este era el trasfondo ideológico para cuando Caldas tomó la decisión, en 1795, de asumir su vocación de naturalista y, sin rentabilidad a la vista ni apoyo de ningún tipo, empezó a autoformarse en las disciplinas científicas que le atraían (en un comienzo, la astronomía y la botánica). Aunque neófito en ciencias y, muy a su pesar, en gran medida ignorante de las grandes empresas científicas que habían ido surcando los caminos de América en el siglo XVIII, tuvo por lo menos tres referentes que sirvieron para consolidar su decisión de dedicarse a las ciencias:

En primer lugar, la *Misión geodésica francesa*, dirigida por Charles-Marie de La Condamine¹⁸⁹ - y que tuvo lugar entre 1735 y 1744 en los territorios de la Real Audiencia de Quito - tuvo mucha repercusión en los círculos de los criollos ilustrados pues, por primera vez, el Nuevo Mundo fue puesto en un primer plano de interés científico. El objetivo de la misión, auspiciada por la Academia de las Ciencias de Francia bajo el aval del rey Luis XV, era el de realizar la medición exacta sobre el terreno de la longitud de un grado de meridiano terrestre en cercanías a la línea del Ecuador para poder determinar, tras años de intensos debates, la forma exacta de la Tierra: por un parte, los seguidores de Isaac Newton (1642-1727) afirmaban que, como quedaba demostrado en los trabajos sobre gravitación del sabio inglés, el planeta tendría la forma de una esfera con un ligero achatamiento en los polos; en contraposición, los partidarios de la física del pensador francés René Descartes (1596-

¹⁸⁸ Citado en: ARCINIEGAS, Germán. *América en Europa*. Círculo de Lectores. Bogotá. 1975. Capítulo 2. p.156-157.

¹⁸⁹ **Charles-Marie de La Condamine** (1701-1774) fue un militar y explorador francés que destacó en el siglo XVIII como naturalista, matemático y geógrafo. Adquirió notoriedad gracias a su participación, en 1735, en la llamada *Misión geodésica francesa*, que fue una expedición de un grupo de científicos europeos a la Real Audiencia de Quito auspiciada por la Academia de las Ciencias de Francia cuyo objetivo principal era lograr medir, sobre el terreno, la longitud de un grado de meridiano terrestre en cercanías a la línea del Ecuador para resolver el debate en torno a la forma de la Tierra. El trabajo científico de la expedición hizo posible determinar que el diámetro de la Tierra es mayor en el Ecuador que en los polos, tal como lo había afirmado Sir Isaac Newton. Como narración general de la expedición, Condamine publicó los libros titulados *Journal du voyage fait par ordre du roi, à l'équateur* en 1751 y *Relation abrégé d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amérique méridionale depuis la côte de la mer du Sud jusqu'aux côtes du Brésil et de la Guyane, en descendant la rivière des Amazones, lue à l'assemblée publique de l'Académie des sciences* en 1745. Como reseña general sobre su vida y obra, véase: HAGEN, Victor Wolfgang von. *Grandes naturalistas en América*. Editorial Taurus. Bogotá. 2008. Parte I. pp.13-106.

1650) aseguraban que el planeta tenía forma ovoide con un alargamiento hacia los polos. Puesto que el debate tomó matices nacionalistas entre ingleses y franceses, se decidió zanjar la cuestión apelando a un criterio propio de la ciencia moderna ilustrada del siglo XVIII: se haría un experimento que, objetiva y racionalmente, determinaría cuál de las dos tesis era la correcta. Para tal fin, se enviaron dos comisiones científicas a distantes destinos: la una marchó hacia Laponia, en Finlandia, en cercanías al Círculo Polar Ártico y la otra, tras obtener la autorización expresa del rey español Felipe V para entrar en sus dominios, partió con destino a la Real Audiencia de Quito. Durante tres años, entre 1736 y 1739, los científicos que conformaban esta comisión se dedicaron a realizar mediciones astronómicas, geodésicas y cartográficas; tras la recopilación de datos y mediciones y el riguroso análisis físico y matemático de los resultados, se llegó a la conclusión de que el diámetro de la Tierra es mayor en el Ecuador que en los polos, dando la razón a los seguidores de Newton. La misión representó un gran triunfo para la física newtoniana y significó un avance decisivo para el conocimiento geodésico de la Tierra (poco tiempo después, las mediciones obtenidas por la expedición fueron utilizadas como factor relevante en la determinación del *metro* como unidad de medida básica del sistema métrico decimal).¹⁹⁰

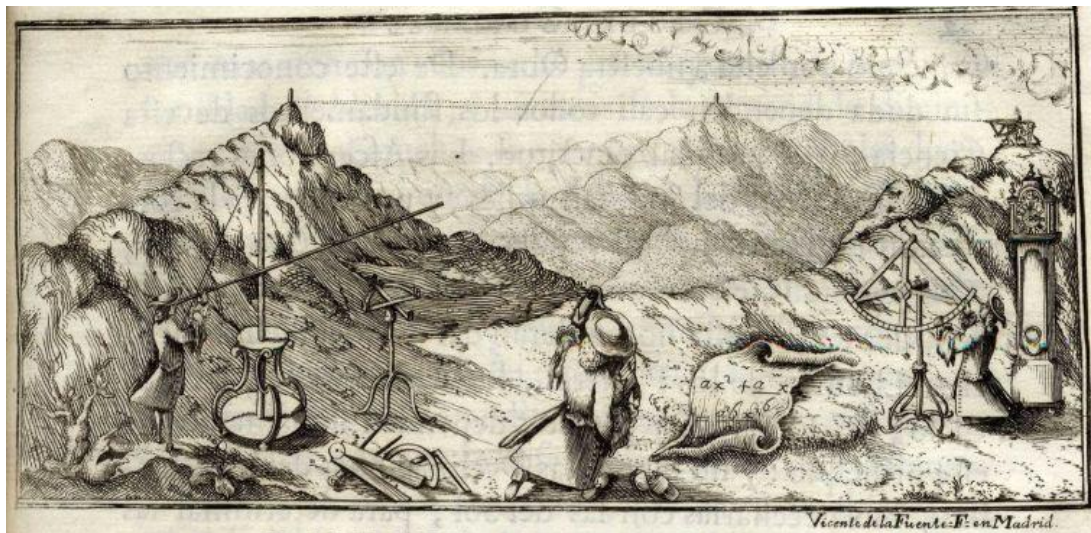


Ilustración que muestra a los científicos de la *Misión geodésica francesa* realizando observaciones en las montañas de los Andes.¹⁹¹

En segundo término, el referente más importante y directo que tuvo Caldas como inspiración y ejemplo de los logros y alcances de la ciencia ilustrada en América fue la *Real Expedición Botánica del*

¹⁹⁰ En relación al contexto científico del problema de la medición de la Tierra y, a su vez, como recuento general de la *Misión geodésica francesa*, véase: LAFUENTE, Antonio. MAZUECOS, Antonio. *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 1987. Y: FRANCOU, Bernard. "La primera Misión Geodésica francesa en el Perú y la determinación de la forma de la Tierra (1735-1744)". En: ESPINOSA, Carlos. LOMNÉ, Georges. [Coordinadores]. *Ecuador y Francia: diálogos científicos y políticos (1735-2013)*. FLACSO. Embajada de Francia en Ecuador. Instituto Francés de Estudios Andinos. Quito. 2013. pp.23-35.

¹⁹¹ Ilustración incluida en la obra *Observaciones astronómicas, y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegación*. Madrid. 1748. Libro I. Capítulo I. p.1. de autoría de Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Imagen tomada de: <https://mitaddelmundocity.wordpress.com/2016/04/11/jorge-juan-y-santacilia/> [Consultado en Febrero 2020]

Nuevo Reino de Granada. A lo largo de más de tres décadas (entre 1783 y 1816), la *Expedición* fue una gran empresa científica cuyo utópico objetivo fue el de inventariar la totalidad de las especies vegetales y animales del Nuevo Reino de Granada para crear un inmenso banco de datos en el que fuese posible hallar cualquier especie taxonómicamente clasificada y descrita según los estándares científicos más modernos y precisos.



Un laboratorio en los Llanos. Ilustración que muestra a un naturalista recogiendo y catalogando muestras botánicas y zoológicas sobre el terreno.¹⁹²

La *Expedición* fue concebida por José Celestino Mutis quien, después de años de fallidos intentos por lograr el apoyo real, apeló a la autoridad del arzobispo virrey Caballero y Góngora para obtener el patrocinio de la Corona para conformar un grupo de estudiosos y naturalistas que, a partir de 1783, se dedicaron, bajo la dirección del mismo Mutis, a explorar y catalogar el inmenso entorno natural del Nuevo Reino de Granada (como muestra de la envergadura de esta empresa científica, baste mencionar que, para 1816, ya se había realizado la clasificación y descripción de más de 20000 especies botánicas y de más de 7000 especies animales). Para los años en los que Caldas residió como estudiante de leyes en Santafé, entre 1788 y 1792, la *Expedición* gozaba de un gran prestigio entre los círculos cultos del virreinato y, con seguridad, el joven estudiante de provincia se sintió inspirado al enterarse de la existencia de este grupo de estudiosos que - organizados según su especialidad de zoólogos, botánicos, ilustradores y demás - vivían consagrados a las ciencias y al estudio exhaustivo de las riquezas naturales del reino. Con los años, Caldas - como astrónomo y botánico - llegó a ser el miembro más distinguido de la *Expedición* que fue, en su conjunto, la mayor empresa científica que tuvo lugar durante el período colonial en el Nuevo Reino de Granada.¹⁹³

¹⁹² Dibujo realizado por el ilustrador francés Édouard Riou (1833-1900). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.118.

¹⁹³ Como estudio general sobre la figura del sabio Mutis y de la Expedición Botánica, véase: AMAYA, José Antonio. *Mutis, apóstol de Linneo. Historia de la Botánica en el virreinato de la Nueva Granada, 1760-1783*. 2 Tomos. Instituto Colombiano de



Ilustraciones de plantas realizadas como parte del trabajo de la *Expedición Botánica al Virreinato del Perú*.¹⁹⁴

En tercer lugar, otra iniciativa científica que gozó de amplio reconocimiento a finales del siglo XVIII en los círculos ilustrados de la América colonial fue la *Expedición Botánica al Virreinato del Perú* que tuvo lugar entre 1777 y 1788.¹⁹⁵ Esta empresa científica estuvo liderada por los botánicos españoles

Antropología e Historia. Bogotá. 2005. Y, como fuente primaria: *Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*. 52 Volúmenes. Institutos de Cultura Hispánica de Madrid y Bogotá. Madrid. Publicados entre 1954 y 2010. Disponibles, bajo el auspicio del Gobierno de España, en la Biblioteca Digital AECID, en:

<http://bibliotecadigital.aecid.es/bibliodig/es/consulta/registro.cmd?id=3148> [Consultado en Marzo 10 de 2019]

¹⁹⁴ Imágenes tomadas de: <https://co.pinterest.com/pin/437904763749473149/> Y: <https://casaruralelbotanico.com/el-botanico/> [Consultado en Junio 1 de 2020]

¹⁹⁵ Como obras de contextualización general sobre la *Expedición Botánica al Virreinato del Perú*, véase: MUÑOZ, Félix [Coordinador]. *La botánica al servicio de la Corona. La Expedición de Ruiz, Pavón y Dombey al virreinato del Perú (1777-1831)*. Lunwerg Editores. Barcelona. 2003. GONZÁLEZ, Antonio. *La Expedición Botánica al virreinato del Perú (1777-1788)*. 2 Volúmenes. Lunwerg Editores. Madrid. 1988. Y: STEELE, Arthur. *Flores para el rey*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 1982.

Hipólito Ruiz¹⁹⁶ y José Antonio Pavón y Jiménez¹⁹⁷ y recorrió, durante diez años, amplios territorios del Virreinato del Perú y de la Capitanía General de Chile. Al final, la expedición logró inventariar y desecar más de 3000 variedades vegetales y se realizaron más de 2500 dibujos botánicos de alta calidad (se descubrieron más de 140 géneros botánicos y más de 500 especies de plantas). A su regreso a Madrid, a partir de 1788, Ruiz y Pavón trabajaron conjuntamente para publicar los valiosos resultados de la expedición y, como resultado, en 1794, publicaron la obra titulada *Prodomus de la Flora de Perú y Chile*, y, entre 1798 y 1802, publicaron los tres primeros volúmenes de la obra titulada *Flora Peruviana et Chilensis* mientras que otros dos volúmenes complementarios quedaron inéditos; como contraste a estos 5 volúmenes de la expedición peruana, los 52 volúmenes que componen el compendio de la *Real Expedición Botánica al Nuevo Reino de Granada* sólo fueron publicados a mediados del siglo XX y, por ello, la *Expedición Botánica al Virreinato del Perú* opacó la fama de la expedición neogranadina cuyos alcances y resultados fueron mucho mayores.

Estas tres empresas sirvieron de inspiración y referente al joven Caldas en el momento de tomar la decisión de dedicarse a las ciencias físicas y naturales pues fueron iniciativas científicas de gran trascendencia en el entorno colonial americano y su impacto intelectual se extendió mucho más allá de sus logros inmediatos en los campos específicos de la botánica, la zoología o la geodesia.¹⁹⁸

Por lo demás, para 1795 y a sus veintisiete años, Caldas era consciente de sus limitaciones: había nacido en una provincia colonial demasiado distante de la Europa ilustrada en donde florecía la ciencia moderna; no tenía los medios económicos para dedicarse sin preocupaciones a una actividad científica vocacional que no tenía ninguna rentabilidad ni proyección social; no poseía instrumentos científicos y su obtención era difícil y costosa; tampoco tenía la posibilidad de estudiar ciencias de manera formal pues, a fin de cuentas, la Expedición Botánica era la única cofradía científica verdadera que existía en el reino y las pocas instituciones académicas del virreinato no ofrecían ningún tipo de formación en áreas ajenas a las letras y las leyes; y, además, no tenía ni libros ni maestros a los que acudir para formarse como científico:

¹⁹⁶ **Hipólito Ruiz** (1754-1816) fue un botánico y farmacéutico madrileño formado bajo el auspicio del botánico Casimiro Gómez (1741-1818) mientras éste último ejercía el cargo de director del Real Jardín Botánico en la ciudad de Madrid entre 1771 y 1801. Bajo la dirección de su maestro Casimiro, Hipólito Ruiz fue nombrado director de la Expedición Botánica al Virreinato del Perú (1777-1788) mientras otros equipos adelantaban expediciones paralelas en el Virreinato de Nueva España (1787-1803) y en las Filipinas (1786-1801).

¹⁹⁷ **José Antonio Pavón y Jiménez** (1754-1844) fue un botánico español conocido principalmente por su participación en la Expedición Botánica al Virreinato del Perú bajo la dirección de Hipólito Ruíz; a la par con la botánica, adelantó estudios superiores en química, física, geografía, mineralogía y farmacia.

¹⁹⁸ Como disertación y mirada panorámica en torno a cómo el discurso científico europeo abordó y concibió la realidad americana desde el momento de la conquista en el siglo XV hasta finales del siglo XVIII, véase: HERNÁNDEZ DE ALBA, Gonzalo. *Quinas amargas. El sabio Mutis y la discusión naturalista del siglo XVIII*. Academia de Historia de Bogotá. Tercer Mundo Editores. Santa Fe de Bogotá. 1991. En especial, el Capítulo 2 titulado: *“Las ciencias descubren el Nuevo Mundo”*. pp.51-82.

*"[...] yo, ignorante, desconocido de mis paisanos mismos, pasando en un rincón de la América una vida oscura y a veces miserable, sin libros, sin instrumentos, sin medios de saber y sin poder servir en alguna cosa a mi Patria."*¹⁹⁹

*"Esta pasión de saber, sin los medios de conseguirlo, es mi cruz y mi suplicio; entro en furor que se equivoca con la desesperación. ¿Por qué me ha dado la Naturaleza este amor a la sabiduría, si me había de privar de los medios de conseguirla?"*²⁰⁰

4.4 - Caldas autodidacta.

El accidente de 1795 implicó un punto de inflexión en la vida de Caldas pues aunque teóricamente continuó con su ocupación mercantil y sus constantes viajes entre villas y provincias, en realidad cada vez se dedicó más a cuestiones científicas que a su profesión de comerciante viajero. En los años siguientes, la correspondencia de Caldas es prolífica en observaciones científicas sobre diversos tópicos tales como condiciones climáticas, fenómenos astronómicos, mediciones termométricas y barométricas y anotaciones botánicas y geográficas mientras que las informaciones comerciales brillan por su ausencia pues, de hecho, no hay ni una sola mención de alguna transacción realizada o de alguna circunstancia relativa a los negocios que, en teoría, le ocupaban.

Sin embargo, a manera de rótulo profesional y social, Caldas siguió fungiendo como mercader pues era una ocupación que le concedía la libertad que tanto anhelaba además de darle la posibilidad de viajar permanentemente y, dada su frugalidad y desinterés por los bienes materiales, era suficiente para sostener su austero modo de vida (aunque posiblemente recibía apoyo económico de su familia).

Así, los desplazamientos comerciales entre villas y provincias se fueron convirtiendo para Caldas cada vez más en viajes de exploración y las estadías intermitentes en Santafé y Popayán las empezó a planear más para buscar y adquirir libros e instrumentos que necesitaba en sus autodidactas y solitarios estudios científicos que en concretar negocios y transacciones acordes con su ocupación de mercader.

No obstante las dificultades materiales y la inexistencia de un ambiente científico en Popayán, Caldas trató de diseñar un plan de autoformación en ciencias a partir de los pocos libros e instrumentos que se pudo agenciar:

"Así que recobré mi libertad por medio de un grado que no exige conocimientos, me restituí a mi lugar; aquí dueño de mis acciones, me entregué a cultivar los elementos que había recibido en el curso de filosofía. Conocí que éstos no eran sino las semillas de las ciencias, que era preciso fomentarlos, multiplicarlos de todos modos, comenzar a observar y poner en práctica los principios. Nada tocaba más vivamente mi gusto que la astronomía; su relación con la navegación, con la geografía, con la cronología, lo brillante y magnífico del espectáculo me decidieron por ella. ¿Pero que podía hacer en un país en que

¹⁹⁹ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. p.113.

²⁰⁰ Carta 64 de Abril 6 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.179.

se ignoran hasta los nombres de cuarto de círculo, telescopio y péndola? Cuatro libros que una feliz casualidad arrojó a esta ciudad me daban nociones de esta ciencia y de sus instrumentos; mis deseos, mi furor por la astronomía me sugerían recursos. Un pequeño gnomon que hice construir me entretenía; tiraba meridianos, observaba alturas del sol, fijaba latitud, calculaba azimudes, y emprendí conocer la amplitud de la eclíptica por la observación de los solsticios; con sólo este instrumento estaban para mí como aniquiladas las estrellas y los planetas, y no podía dar un paso más en la ciencia que hacía mis delicias. La necesidad de buscar la subsistencia, que en otros sofoca el amor a la sabiduría, en mí fue una ocasión para adelantar algo en mis estudios.”²⁰¹

A la par que avanzaba en sus observaciones empíricas, Caldas fue rastreando otros libros que sabía relevantes en las disciplinas que estaba empezando a estudiar y trató también de comprar instrumentos que le permitieran avanzar en sus trabajos experimentales:

“Volví el año de 796 a Santafé con miras de mercader: aquí vi por la primera vez y de paso la astronomía de Lalande y los elementos del Abate Besout para los guardias marinas de Francia.²⁰² Estos dos libros, al tiempo que me instruían, me manifestaban que era imposible ser astrónomo en América. Copié del último las tablas del sol para calcular sus declinaciones y hacerlas servir en mis observaciones de latitud; compré una brújula, un barómetro de mar, dos termómetros y un octante de reflexión. Mis intereses mercantiles me llamaban a Timaná, y emprendí hacer una Relación de viaje. [...] Partí de Santafé en octubre del mismo año, y emprendí levantar la carta del país que iba a atravesar; observé la elevación del mercurio en el barómetro en La Mesa, Tocaima, Gigante, Pital; aquí se rompió el instrumento.”²⁰³

Y fue así, entre viajes, libros, instrumentos, observaciones empíricas y lecturas solitarias, como comenzó la profesión científica de Francisco José de Caldas en el Nuevo Reino de Granada a finales del siglo XVIII.

La primera ciencia que cautivó su interés y a la que dirigió sus esfuerzos fue la astronomía aunque las dificultades fueron muchas pues Caldas no había realizado antes observaciones celestes ni tampoco conocía a nadie que lo pudiera guiar en el asunto; además, sus instrumentos eran imperfectos y, como efemérides o catálogos de fenómenos astronómicos a observar, tan sólo pudo

²⁰¹ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. p.114.

²⁰² Referencia a **Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande** (1732-1807) quien fue un destacado astrónomo francés cuyo trabajo titulado *Traité d'astronomie* (publicado sucesivamente entre 1764 y 1792 en varias ediciones y número de volúmenes) tuvo amplia difusión a finales del siglo XVIII y al matemático francés **Étienne Bézout** (1730-1783) quien fue miembro de la *Académie des sciences* de Francia y cuya obra *Cours de mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine* (publicado entre 1764 y 1767) es la que posiblemente menciona Caldas en este aparte citando su traducción al portugués bajo el título de *Elementos de Arithmetica* (publicada en Coimbra en 1794).

²⁰³ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. p.114.

acceder a algunos almanaques impresos en España que incluían datos sobre las fases de la Luna y las ocultaciones de los satélites de Júpiter.²⁰⁴

“Yo, prescindiendo de todo, no tratando sino con los amigos y con mis libros, observando el cielo y calculando, he conseguido un poco de reposo, quizá envidiado de los poderosos, si lo conocieran. Con motivo de haberme mandado Tanquito el Almanaque Náutico de este año, he podido hacer mis observaciones, que pueden ser útiles para reformar la geografía de estos países abandonados de los sabios y desconocidos de la Europa. Puede ser que con el tiempo recoja bastantes materiales y un número suficiente de observaciones para levantar una carta correcta del Virreinato, objeto de mis deseos, y que sólo la muerte acabará. Yo me aflijo cuando veo tan poca astronomía en toda la extensión de la Nueva Granada, y que no hay uno a quien se le pueda encargar observe una latitud. Todo ha de salir de los libros, y ¿los libros no los han formado el descuido y la ignorancia de estas materias?”²⁰⁵

El primer gran obstáculo que Caldas tuvo que superar para adelantar observaciones astronómicas medianamente aceptables fue el de adquirir algunos instrumentos científicos indispensables: en principio, trató de ubicar y comprar algunos de los aparatos que necesitaba (como la brújula y el octante que logró comprar en Santafé según menciona en la carta antes citada) pero la adquisición de otros aparatos le resultó problemática. Sin embargo, Caldas no se amilanó ante las dificultades y, con mucho ingenio, procedió a fabricar él mismo artesanalmente los instrumentos que necesitaba con base en las ilustraciones e instrucciones de los pocos libros que podía consultar:

El primer instrumento que Caldas necesitó fue un Gnomon (término derivado de la palabra griega γνῶμων (gnomon) que significa ‘guía’ o ‘maestro’), que consiste, básicamente, en un objeto alargado (entiéndase escuetamente un palo o una estaca) clavado en el suelo y cuya sombra se proyecta sobre

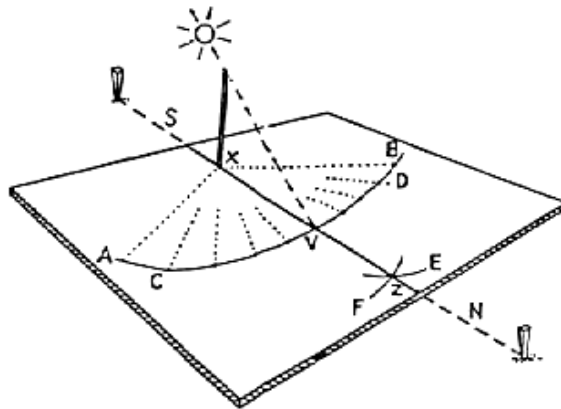
²⁰⁴ Para finales del siglo XVIII, las ocultaciones permanentes y cíclicas de los cuatro mayores satélites de Júpiter (llamados *Io*, *Europa*, *Calixto* y *Ganimedes*, y observados por primera vez por Galileo Galilei en 1610) constituían un fenómeno especialmente importante para fijar la longitud de un lugar determinado de la superficie terrestre en relación al punto de referencia que tomaba el almanaque consultado. Por ejemplo: si se trataba, como en el caso de Caldas, de un *Almanaque náutico* impreso en Cádiz, las tablas indicaban con precisión las fechas y horas (para el meridiano de Cádiz), en las que tendría lugar la ocultación de alguno de estos satélites tras el disco de Júpiter. Puesto que Caldas observaba el mismo fenómeno desde Popayán, a miles de kilómetros al oeste del meridiano de Cádiz, le bastaba con comparar la hora inscrita en el almanaque con la hora exacta en la que él registraba el mismo fenómeno en su telescopio durante su observación nocturna. Tomando como referencia objetiva el fenómeno celeste y conociendo con exactitud la diferencia horaria entre la hora de su observación en Popayán y la hora de avistamiento del fenómeno en Cádiz registrada en el almanaque, podía determinar la distancia que separaba ambos puntos y, por ende, la *Longitud* de su lugar de observación en relación al meridiano de Cádiz. Téngase en cuenta que, tras tener el tiempo de diferencia, la determinación final de la longitud se obtiene con una sencilla regla de tres: si la Tierra da un giro sobre sí misma en veinticuatro horas y su circunferencia, en la línea del Ecuador, tiene una longitud aproximada de 40.000 kilómetros, se tiene entonces que 24 horas equivalen a esos 40.000 kilómetros; si la diferencia horaria registrada es de, por ejemplo, 6 horas ($\frac{1}{4}$ de 24 horas), se sabrá que ese lapso de tiempo corresponde a una distancia equivalente a $\frac{1}{4}$ de 40.000 kilómetros, es decir, la distancia entre ambos puntos de observación es de unos 10.000 kilómetros (que equivalen a esa diferencia horaria registrada de 6 horas).

²⁰⁵ *Carta 24 de Diciembre 3 de 1798 dirigida a Santiago Arroyo*. pp.57-58. Bajo el mote de *Tanquito*, se hace referencia a **Diego Martín Tanco**, quien fue amigo e interlocutor de Caldas en temas geográficos y debatió algunos de los postulados de éste sobre la influencia del clima en los animales y en los seres humanos.

una escala graduada en el piso que permite cuantificar y medir el paso del tiempo. Este sencillo instrumento permite, por ejemplo, conocer la altura angular (en grados, minutos y segundos) de cualquier astro sobre el horizonte o, al medir la longitud de la sombra proyectada por el Sol y su dirección sobre la escala, inferir la latitud del punto de observación y el momento del día en el que el Sol atraviesa el meridiano y se halla en el punto culminante del cielo.²⁰⁶

Aunque se trata de un instrumento sencillo, su construcción le resultó a Caldas dispendiosa pues tuvo que ingeniárselas con los escasos medios materiales a su disposición echando mano de maderas típicas y teniendo que fabricar pequeñas piezas metálicas diseñadas por él mismo. Cuenta su primer biógrafo:

“El primer instrumento astronómico que fabricó Caldas fue un gnomon de biomate, madera dura y fina que admite bastante pulimento; cuyo horizonte, de tres pulgadas de grueso, estaba apoyado en cuatro tornillos de hierro, para nivelar y tomar alturas de sol, con el objeto de arreglar una péndola; y como no tenía péndulo ni cronómetro para sus observaciones, reformó un reloj antiguo inglés de péndola quitándole las piezas que servían para las campanas, a fin de que quedase más sencillo y menos expuesto a variaciones, y revisando y remontando con sumo cuidado el resto de la máquina.”²⁰⁷



Representación esquemática de un Gnomon y de su uso para realizar observaciones astronómicas.²⁰⁸

Puesto que la astronomía exige conocer el momento exacto de las observaciones realizadas, Caldas necesitaba un aparato que sirviera para registrar el tiempo. Los grandes relojes de péndulo eran objetos de lujo y necesitaban de quietud para funcionar sin descuadrarse y, además, lo aparatoso de su tamaño y peso los hacían completamente inadecuados para ser usados, a la intemperie y durante

²⁰⁶ El término *Meridiano* se deriva de la palabra latina *Meridies* que significa *Mediodía* y se define como cada una de las semicircunferencias máximas imaginarias que pasan por los polos norte y sur de la Tierra. El *Meridiano* de un lugar hace referencia al círculo imaginario máximo que atraviesa los polos terrestres y pasa exactamente sobre la cabeza del observador; el Sol, al mediodía, en su punto culminante cuando se encuentra justamente a mitad de camino entre el amanecer y el ocaso, atraviesa el *Meridiano* del lugar de observación.

²⁰⁷ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. I. p.12.

²⁰⁸ Imagen tomada de: <https://sites.google.com/site/lacienciadelosastros/taller-de-astronomia/el-gnomon> [Consultado en Enero 21 de 2019]

la noche, al pie de un telescopio transportable. Un cronómetro marino, o, en otras palabras, un reloj de tamaño y peso reducidos, confiable, portátil y capaz de soportar las sacudidas y los cambios bruscos de posición y temperatura, constituía una pieza de ingeniería avanzada escasa y cuyo costo resultaba exorbitante.²⁰⁹ Para superar estos impedimentos, Caldas se las ingenió para modificar un reloj de péndulo quitándole mecanismos anexos para simplificar su funcionamiento y poder utilizarlo como rudimentario cronómetro logrando así empezar a registrar los tiempos de las observaciones.

El siguiente instrumento científico que Caldas necesitaba para dar inicio a sus observaciones astronómicas y que debió fabricar él mismo echando mano de su ingenio fue un Cuarto de Círculo (también denominado Cuadrante o Cuadrante solar).

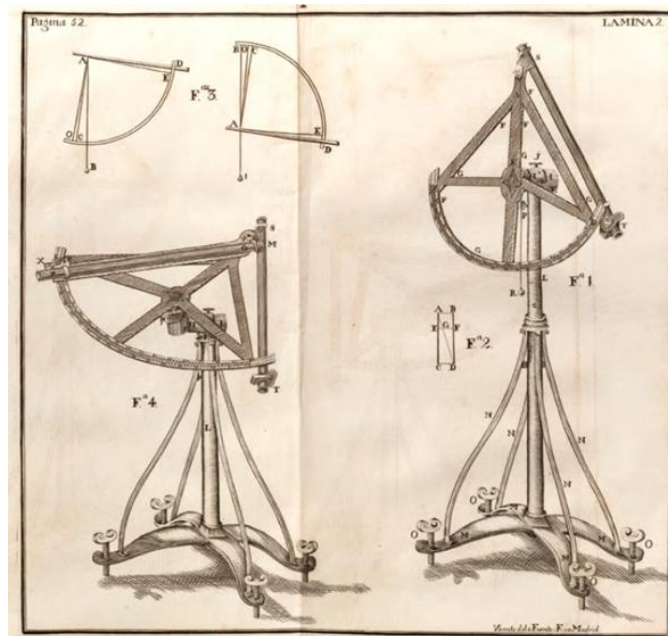


Ilustración de un Cuarto de círculo incluida en *Observaciones astronómicas, y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegación* de autoría de Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa.²¹⁰

Este aparato es un antiguo instrumento astronómico y marítimo que permite medir ángulos en vertical sobre la esfera celeste; básicamente, se trata de una placa en forma de cuarto de círculo que cubre una superficie de 90° a la que se adaptan dos mirillas en uno de sus lados rectos y de cuyo vértice cuelga una plomada que desciende verticalmente sobre el borde circular de la placa en el que se encuentra inscrita la escala angular; la lectura se obtiene cuando el observador, a través de las mirillas, observa un astro de su elección y, al hacerlo, el hilo de la plomada desciende en vertical sobre el borde calibrado del instrumento indicando con precisión una medida en grados, minutos y segundos, que equivale a la altura angular del astro observado sobre el horizonte:

²⁰⁹ En relación al desarrollo del cronómetro marino, a mediados del siglo XVIII, como medio para determinar la longitud de cualquier lugar de la tierra con base en las diferencias horarias, véase: SOBEL, Dava. *Longitud*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2006.

²¹⁰ Imagen tomada de: AMAYA, José. SUÁREZ, Iván. *Ojos en el cielo, pies en la Tierra. Mapas, libros e instrumentos en la vida del sabio Caldas*. Museo Nacional de Colombia. Bogotá. 2018. p.30.



Modo de empleo del *Cuadrante solar* para obtener medidas angulares en la bóveda celeste.²¹¹

En el caso de Caldas, que deseaba utilizar su cuarto de círculo para tomar alturas angulares de determinadas estrellas para determinar con la mayor precisión posible la latitud de Popayán y otras villas andinas, lo más delicado era la calibración del instrumento puesto que, como es lógico, entre mayor precisión y menor margen de error tuviera el aparato, mejores serían los resultados obtenidos.²¹² Para calibrar su artesanal y falible instrumento, Caldas tuvo que inventarse sobre la marcha ingeniosos mecanismos empíricos con miras a lograr la mayor exactitud posible:²¹³

“Luego se propuso construir un cuadrante solar con su anteojo acromático, y he aquí el procedimiento y sus resultados.

²¹¹ Imagen tomada de: <https://astrofanaticos.wordpress.com/2017/05/15/material-didactico-el-cuadrante/> [Consultado en Enero 21 de 2019]

²¹² La *Latitud* es la distancia angular existente entre un punto determinado de la superficie de la Tierra y la línea de referencia imaginaria del Ecuador terrestre (se mide en grados, minutos y segundos sobre los meridianos). La *Longitud* (enunciada en grados, minutos y segundos sobre los paralelos) es la distancia angular existente entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se toma como referencia para la observación (desde 1884 el meridiano internacional de referencia es el Meridiano de Greenwich pero para la época de Caldas el meridiano de referencia para la cartografía y los mapas españoles era el Meridiano de Cádiz (se utilizó desde 1753 hasta 1884)).

Es importante tener en cuenta que esta explicación teórica apunta a condiciones ideales inexistentes y no tiene en cuenta las eventualidades que surgen en el momento de realizar una observación real: piénsese por ejemplo en la imposibilidad de apuntar con precisión un Cuadrante a la Estrella Polar desde la cubierta oscilante de un barco en medio de una tormenta nocturna en alta mar o en la inviabilidad de observar el cielo estrellado desde lugares con nubosidad permanente como pueden serlo las altas cimas andinas en las que Caldas vivió y trabajó. En cuanto a trabajos didácticos teórico prácticos sobre este tema, véanse: DIXON, Conrad. *Navegación astronómica básica*. Editorial Paraninfo. Madrid. 1985. FRANOLIC, Petar. VISEKRUNA, Zoran. *Introducción a la navegación astronómica*. Alianza Editorial. Madrid. 1997.

²¹³ Para finales del siglo XVIII, tanto la latitud como la longitud de las villas y ciudades del Nuevo Reino de Granada (y de toda la América española, en general) seguían siendo imprecisas y se basaban en cálculos y mediciones falibles. Como referencias en relación a la historia de la cartografía, pueden consultarse: HARLEY, J.B. WOODWARD, David [Editores]. *The History of Cartography*. 6 Volúmenes. The University of Chicago Press. Chicago. 1987. En especial el Tomo IV titulado *Cartography in the Age of Science, Enlightenment, and Expansion*. Para el caso puntual de la América española (abarcando desde los tiempos coloniales en el siglo XVI hasta el siglo XXI), véase: DYM, Jordana. OFFEN, Karl [Editores]. *Mapping Latin America*. The University of Chicago Press. Chicago. 2011

Fabricó un cuarto de Círculo de madera de biomate de cuatro pulgadas de espesor para que no se torciese; incrustó en él una faja concéntrica de estaño bruñido para servir de limbo, y trazó la graduación de éste con escrupulosa delicadeza. El centro del cuadrante era de marfil embutido, con una aguja muy fina clavada en él, de que pendía una pesita de plomo al extremo de un cabello humano, destinado a marcar los arcos de los ángulos o alturas medias, y el instrumento giraba verticalmente sobre un eje central de acero fijado a un mástil de madera de naranjo, dándosele movimiento por medio de un cordón de seda atado al extremo del radio superior que pasaba por lo alto del mástil e iba a envolverse abajo en una clavija o tornillo a cuya cabeza se aplicaban los dedos del observador. El plano horizontal del gnomon servía también para colocar el cuadrante en posición vertical.

Con indecible trabajo, multiplicando encargos y diligencias, logró hacerse a lentes para el antejo de cartón que puso en su cuadrante, y cuyo vidrio objetivo estaba cortado por dos diámetros de cabello humano, perpendiculares entre sí.”²¹⁴

Por último, necesitaba un telescopio que le permitiese observar el cielo nocturno con cierto nivel de detalle pues, para la época, la astronomía observacional a ojo desnudo ya resultaba precaria; puesto que Caldas tenía mucho interés en fijar longitudes con base en la observación de las ocultaciones de los satélites de Júpiter, le era indispensable contar con un telescopio con el que pudiera observar estos astros que resultan indetectables a simple vista si no se cuenta con el aumento de un antejo astronómico. Para ello, volvió a recurrir tanto a su ingenio empírico como a sus amigos para diligenciarse un instrumento aceptable:

“Es preciso observar, es necesario levantar al cielo los ojos para poder ver la tierra, según expresión de Juan Andrés.²¹⁵ Al fin de este año le daré a usted cuenta de todos mis resultados, y quizá tendré la satisfacción de presentarle a Popayán bien determinado astronómicamente en longitud y latitud. Actualmente me preparo a observar diez y seis eclipses de los satélites de Júpiter, que hay en este mes, calculados para el meridiano del Observatorio Real de Cádiz y reducidos al de Popayán. Lo que me había impedido observar estos eclipses era la falta de un buen telescopio, y ya la tengo casi vencida a fuerza de trabajo, de combinaciones y del estudio de catóptrica. He llegado a formar uno con que veo con toda perfección el anillo de Saturno, los satélites de Júpiter y las zonas oscuras de este planeta; pero no me doy por victorioso hasta que el buen suceso corone mis trabajos. Solicite usted en cuyas manos cayó el telescopio del Padre López, porque ahora se me presenta la ocasión de hacérselo tomar al doctor don Manuel María Arboleda, que se ha decidido por las ciencias, y que tiene golpe de dinero desocupado. Con esto le haría un gran servicio a la geografía, a la astronomía y a la patria: espero no perdonará usted diligencia ni trabajo a fin de que traigamos esta pieza a Popayán.”²¹⁶

²¹⁴ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio. Suplemento de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales*. Librería Voluntad. Bogotá. 1958. I. p.13.

²¹⁵ Referencia al sacerdote, humanista y científico español **Juan Andrés y Morell** (1740-1817) quien fue una figura intelectual de gran renombre en el entorno hispánico durante el siglo XVIII.

²¹⁶ *Carta 24 de Diciembre 3 de 1798 dirigida a Santiago Arroyo*. p.58.

Comenzó así la vida científica de Caldas desde su práctica autodidacta y tras haberse fabricado él mismo un instrumental básico y bastante rudimentario. Una muestra más de su incipiente formación científica es el hecho de que, antes de comenzar a registrar sus primeras observaciones astronómicas, cayó en cuenta de que para anotar las estrellas de las constelaciones de acuerdo a los usos establecidos, necesitaba también conseguir un alfabeto griego pues desconocía los rudimentos básicos de esta lengua y le era necesario conocer el orden de las letras para etiquetar las estrellas de cada constelación de acuerdo a su brillo aparente:²¹⁷

“Ya sabe usted que los astrónomos señalan las estrellas con caracteres griegos, desde su inventor Bayeno: yo conozco la figura de estos caracteres, y no sé el nombre de ellos para poderlos enunciar. Espero me remita usted un alfabeto griego, bien formado, trayendo cada letra su nombre al lado y su correspondiente en nuestro alfabeto.”²¹⁸

Sobre esta petición, vale la pena subrayar dos circunstancias: en primer término, llama la atención que Caldas, graduado en leyes de unos de los colegios mayores más prestantes y miembro de la selecta y reducida élite educada del virreinato, no tuviera un conocimiento elemental de la lengua de Platón y Aristóteles; y, en segundo lugar, sorprende que en toda la villa de Popayán (que era una de las tres principales ciudades del virreinato junto a Santafé y Cartagena) no se pudiera encontrar en ningún libro ni biblioteca una simple tabla expositiva del alfabeto griego (algo a la vez tan elemental y tan importante para la tradición académica occidental). Así, esta anécdota vuelve a ilustrar los muy escasos medios de los que dispuso Caldas en el comienzo de su trayectoria científica y las dificultades que enfrentó para disponer de los recursos mínimos al comenzar sus estudios autodidactas; también, queda en evidencia la estrechez del entorno cultural colonial y la ausencia de un ambiente académico propicio al estudio de las ciencias.

²¹⁷ Desde los orígenes de lo que se podría denominar como la ‘astronomía científica’ ligada al cómputo matemático y al registro sistemático de observaciones en la antigua Mesopotamia en el segundo milenio antes de la Era Cristiana, las estrellas han sido agrupadas, a partir de su disposición en el cielo nocturno, en diseños imaginarios que semejan ciertas formas simbólicas conocidas tales como animales (como León, Carnero, Toro, que se corresponden a las constelaciones de Leo, Aries y Tauro, respectivamente) o figuras mitológicas (tales como dragones o centauros o héroes antiguos, como en el caso de las constelaciones de Draco, Pegasus u Orión). A partir del año 1603, con la publicación del atlas estelar titulado *Uranometria* del astrónomo alemán **Johann Bayer** (1572-1625), se estableció la tradición de designar y organizar a las estrellas de cada constelación de acuerdo a su brillo aparente siguiendo el orden de las letras del alfabeto griego: *Alfa* para la más brillante (α), *Beta* para la segunda en brillo (β), *Gama* para la siguiente (γ) y así sucesivamente. Aún hoy en día las estrellas de las 88 constelaciones reconocidas por la astronomía moderna occidental se catalogan siguiendo esta pauta.

²¹⁸ *Carta 22 sin lugar ni fecha conocidos* [se puede inferir que es anterior a Febrero de 1798] *dirigida a Santiago Arroyo*. p.55. Bajo el nombre de ‘Bayeno’, Caldas hace referencia al ya mencionado astrónomo alemán **Johann Bayer** (1572-1625) quien estandarizó el uso de designar a las estrellas de cada constelación empleando las letras del alfabeto griego.

No obstante las dificultades, muy pronto el entusiasmo y la laboriosidad de Caldas fructificaron y las primeras observaciones que logró efectuar exitosamente lo llenaron de dicha e incluso le inspiraron sentimientos místicos:

“Luego que me llegó el almanaque en el correo del 18 de noviembre, se acaloró mi furor astronómico y comencé a trabajar en rectificar la posición del antejo de mi pequeño cuarto de círculo, a arreglar la marcha de mi péndola, y sobre todo, a idear un telescopio astronómico, capaz de alcanzar a percibir las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter. Los principios de dióptrica (ciencia esencial y precisa al que quiera hacer progresos en astronomía) me fueron de un socorro imponderable. Yo me decía a mí mismo: el telescopio astronómico no se compone sino de dos lentes convexos, él amplifica los objetos en razón del foco de la objetiva con el de la ocular; luego procurándome una lente del mayor foco que me sea posible y otra del menor, uniéndolas en un tubo y a la distancia de la suma de sus focos, tendré un buen telescopio astronómico. [...] Juzgue usted cuál sería mi contento, cuál mi arrebatamiento, al ver coronadas mis sospechas y mis trabajos. La una de la mañana era y no podía dejar el cielo ni mi telescopio. Saturno y Júpiter volvían y revolvían en mi imaginación; sus zonas o fajas, el anillo, los satélites, todo llenaba mi alma de placer y de contento. ¡Ah! créamelo usted, no me habría trocado en la noche del último de noviembre por César después de la batalla de Farsalia. ¡Qué pueriles se me hacían los gustos y placeres de los poderosos! Sólo el contento de la virtud superan al que proporcionan las ciencias a un aficionado, y ¿cuánto sirven éstas para elevar nuestra alma al que las ha creado todas?”²¹⁹

A pesar del entusiasmo inicial, Caldas empezó a sentirse frustrado con sus modestos avances en astronomía pues sus aparatos artesanales dejaban mucho que desear; pensando entonces en abordar una disciplina que no exigiese el uso de instrumentos complejos de difícil adquisición y calibración (como en el caso del telescopio y la péndola) vino a interesarse en la botánica pensando que, a cambio de aparatos, le bastaba afinar sus dotes observacionales para aprender a distinguir variedades vegetales e ir recogiendo muestras para construir herbarios detallados en los que se hiciera una catalogación y descripción minuciosa de las plantas obtenidas:

“Fijado en un lugar con unos instrumentos miserables no podía la astronomía llenar mi tiempo, y fue preciso buscar una ciencia que no exigiese el aparato de aquella; tal me pareció la botánica antes que supiera qué era botánica.”²²⁰

²¹⁹ Carta 25 de Enero 5 de 1799 dirigida a Santiago Arroyo. pp.60-61.

²²⁰ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. p.115.

En un territorio tan pleno de vida y de biodiversidad - y a la vez tan inexplorado - como el entorno andino de Popayán, el trabajo botánico resultaba el más idóneo dadas las condiciones y limitaciones de Caldas y, además, podía conducir a descubrimientos importantes:

“Quizá usted extrañará este furor botánico; pero si supiera usted que hace muchos días le hago mi único estudio, convencido de la falta que me ha hecho en mis correrías, no se admirará. ¡Cuánto me he arrepentido de no haber cultivado este estudio un poco antes! ¡Cuántas riquezas y bellezas han pasado por mis manos sin conocerlas! Este dolor no lo puedo mitigar, sino aprovechando el tiempo para lo sucesivo.”²²¹

Por lo demás, Caldas estaba consciente de su falta de instrucción formal en relación a las ciencias físicas y naturales y sabía que sus aún escasos conocimientos en astronomía y botánica provenían más de observaciones empíricas realizadas con mucho entusiasmo y un alto grado de detalle pero sin un trasfondo teórico contundente.

En un reino en donde no existían ni academias científicas ni profesores de ciencias, el único camino posible para el hombre interesado en las ciencias físicas y naturales era la formación autodidacta a partir del estudio de los libros de los grandes autores que pudieran comprarse o hallarse trasegando entre conocidos, librerías y bibliotecas; Caldas comprendió que, si quería formarse como hombre de ciencia, necesitaba encontrar y estudiar los libros clásicos de las ciencias que más le interesaban y conocer a sus autores para así poder complementar su talento como observador empírico de la naturaleza con un adecuado trasfondo de erudición y de formación académica.

Sin embargo, encontrar libros que versaran sobre ciencias físicas y naturales en el virreinato del Nuevo Reino de Granada era una empresa un tanto quijotesca y, en la práctica, era necesario conformarse con los textos que hubiese a mano o aquellos que se lograran ubicar en los escasos ambientes libresco del reino:

“Es verdad que ha mucho tiempo que hago mi principal ocupación de la botánica en un país virgen y que ofrece un campo inmenso en qué cebarse, ser útil y divertirse. Pero ¡cuántos obstáculos hay que vencer para llegar a una medianía! Sin libros, sin maestros, todo se ha de sacar de los pocos que a fuerza de fatigas he podido conseguir. No tengo a mi disposición, ni hay más en Popayán, que el curso escaso de Ortega, la Parte Práctica de Linneo, las Instituciones de Tourneford y el Quer. Estos forman mi biblioteca: y ya ve usted lo poco que hay en esto, y cuánto falta para tener lo más necesario. Vivimos, mi Santiago, en un país casi bárbaro, a 3,000 leguas de las naciones cultas y de la ilustración. Si en Roma, París, Londres, Madrid, se dijera que en el último año del siglo XVIII, de este siglo de las luces, no se ha hallado en toda la extensión del Virreinato un ejemplar de la Filosofía Botánica de Linneo,

²²¹ Carta 27 de Junio 20 de 1799 dirigida a Santiago Arroyo. p.65.

se pondría en duda. Pero debemos confesarlo con rubor, que en Cartagena, Quito, Santafé y Popayán, no se ha hallado este libro clásico y fundamental.”²²²

Fue así como a la par con sus iniciales observaciones astronómicas, botánicas y geográficas, Caldas empezó a rastrear durante sus correrías de mercader itinerante los libros que tanto necesitaba y a escribir a sus amigos para recomendarles la búsqueda y compra de los ejemplares que tanto ansiaba poseer interesado también en adquirir obras que versasen sobre los territorios americanos escritas por exploradores y científicos:

“De esto ha renacido en mi corazón el deseo de ver los autores que hayan escrito de nuestras Provincias. Aunque hay algunos de poca crítica y de estilo poco agradable, me divierten porque esparcen muchas luces en el asunto. Tengo al P. Gumilla, al P. Julián y a M. La Condamine en su viaje hecho de Quito por el Marañón. Deseo tener el que hizo este académico desde Europa hasta Quito. Yo lo vi en la Biblioteca de ésa [Biblioteca Pública de Santafé] en el estante de los filósofos. Hágame usted el favor de buscarlo y comprarlo por cualquier dinero. Si usted sabe, de algunos autores que traten de este Nuevo Reino, de América o de las cosas que nos pertenecen, no deje usted de avisarme. De esto me nació una idea que le comunico, y es que estoy haciendo mis apuntamientos, y quisiera tener guía por lo perteneciente a la parte botánica. Usted no deja de saber las pocas luces que tengo en esta materia. Ignoro los sistemas de Linneo y Tournefort; apenas sé distinguir las partes de una planta; lo que más deseo es conocer sus nombres y llegar a discernir si son conocidas ya en la botánica, o son nuevas. ¡Qué plantas no habrá en nuestros campos que por sólo no saber que son tal o tal, no nos aprovechamos de sus virtudes, y tal vez las compramos por mucho dinero!”²²³

²²² Carta 29 de Noviembre 20 de 1800 dirigida a Santiago Arroyo. p.68. Las referencias que Caldas menciona son las siguientes: El ‘Curso escaso de Ortega’ es el *Curso elemental de Botánica teórico y práctica, dispuesto para la enseñanza del Real Jardín Botánico de Madrid* (publicado en 1785) de los botánicos españoles **Casimiro Gómez Ortega** (1741-1818) y **Antonio Palau y Verdera** (1734-1793). La *Parte Práctica* de Linneo es el libro titulado *Parte práctica de Botánica del caballero Carlos Linneo, que comprehende las clases, órdenes, géneros, especies y variedades de las plantas, con sus caracteres genéricos y específicos, sinónimos más selectos, nombres triviales, lugares donde nacen y propiedades*, de autoría del naturalista sueco y publicado en la Imprenta Real de Madrid en 1788. Las *Instituciones* de Tournefort son las *Institutiones rei herbariae* del botánico francés **Joseph Pitton de Tournefort** (véase nota siguiente) y publicadas en 1700. Y con la expresión ‘el Quer’ Caldas se refiere al libro *Flora española o historia de las plantas que se crían en España* de autoría del botánico español **José Quer y Martínez** (1695-1764) que fue publicado a partir de 1762.

²²³ Carta 8 de Diciembre 9 de 1795 dirigida a Santiago Arroyo. pp.39-40. Como breve semblanza de los autores mencionados por Caldas:

El sacerdote jesuita **Joseph Gumilla** (1686-1750) fue un misionero, explorador y erudito español que recorrió la cuenca del río Orinoco y es recordado sobre todo por la amplia difusión y popularidad que tuvo la obra en la que narraba esta exploración: *El Orinoco ilustrado y defendido. Historia natural, civil y geográfica de este gran río y de sus caudalosas vertientes* (1731). Este tratado se convirtió en una referencia obligada como obra científica de gran envergadura en la medida en que ofrecía un compendio enciclopédico de la fauna y flora de la región y sirvió de inspiración para todos los naturalistas posteriores que se interesaron y recorrieron esa zona (en especial, para Alexander von Humboldt).

El sacerdote jesuita **Antonio Julián** (1722-1790) fue un misionero y hombre de letras que permaneció durante diez años ejerciendo como misionero y profesor universitario en la Provincia de Venezuela y en el Virreinato del Nuevo Reino de Granada y, a partir de su experiencia y viajes por estos territorios, escribió un tratado titulado *La Perla de América, provincia de Santa Marta: reconocida, observada y expuesta en discursos históricos*.



Retrato de Santiago Pérez Arroyo y Valencia (1775-1845) quien fue el mejor amigo de Caldas durante toda su vida y su mayor corresponsal.²²⁴

Así, en aquellos años de autoaprendizaje, Caldas se esforzó buscando los libros que consideraba indispensables, apelando a sus conocidos en Popayán o gracias a las transacciones de amigos que estaban en otras ciudades y que asumían los encargos de búsqueda y compra de los libros solicitados (quien más ayudó a Caldas en estas pesquisas fue su mejor amigo, Santiago Arroyo, que por aquellos años residía en Santafé). Durante mucho tiempo, Caldas desesperó por no poder encontrar y estudiar ciertos libros y autores importantes a pesar de buscarlos obstinadamente; en tales casos, lo embargaba una gran frustración al saberse limitado por circunstancias vitales que lo abrumaban y que sabía insuperables al no contar él con medios de riqueza suficientes para adquirir sin reparar en gastos todos los libros e instrumentos que necesitaba o para viajar a otros países y consagrarse al estudio en un ambiente idóneo para las ciencias:

“En el pasado escribí a usted con pretensiones de encargos de libros, y sobre todo, sobre aquellos tomos del Conde de Buffon, que sospecho sea la Historia de las Aves, de este genio original y profundo. ¡Que no pueda conseguir un ejemplar completo de su Historia Natural! Vivimos, amigo, en un país en que se nos ha cerrado el camino a la sabiduría. Si contáramos en la Europa que había un pueblo con cerca de 300 años de fundación, bajo la dominación de una nación culta, que todos los días pasa a los primeros puestos la parte más ilustrada de ella, que hay colegios, Universidad, doctores que inundan los pueblos, y se dijera que no se halla en él un ejemplar de la Filosofía Botánica de Linneo, que es raro el Conde de Buffon, que apenas se ven las obras maestras en todo género, ¿no creyeran que les hablábamos de los calmucos y de los tártaros y a buen escapar de los lapones? La imposibilidad de instruirnos parece

Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708) fue un reconocido explorador y botánico francés; en el área de la botánica es reconocido como el primer científico en definir con precisión el concepto de género en relación a la clasificación de las especies vegetales. Su obra más importante se publicó en 1694 bajo el título de *Eléments de botanique, ou Méthode pour reconnaître les Plantes*.

²²⁴ Retrato de autor desconocido. Imagen tomada de: AMAYA, José. SUÁREZ, Iván. *Ojos en el cielo, pies en la Tierra. Mapas, libros e instrumentos en la vida del sabio Caldas*. p.17.

invencible. A cuatro mil leguas de distancia de la metrópoli, añade fuerzas marítimas de la Gran Bretaña que cierran la comunicación de España con sus colonias, y casi desesperaremos de poder algún día saber lo que un niño europeo. Dejemos estas ideas tristes y hablemos de otra cosa."²²⁵

Pero así como fueron muchos los obstáculos que Caldas tuvo que sortear para empezar a ejercer con cierta holgura su nueva 'profesión' de científico, también es preciso destacar el hecho de que no siempre se enfrentó solo a sus dificultades pues a lo largo de toda su vida contó el apoyo de grandes amigos que estuvieron a su lado y lo patrocinaron para que pudiera dedicarse a las ciencias a pesar de la poca proyección y rentabilidad de esta actividad intelectual en el entorno colonial.²²⁶

Y fue así, estudiando en solitario, fabricando él mismo sus instrumentos de observación, rastreando libros y, sobre todo, observando con detalle el espectáculo de la naturaleza andina y tropical, como Caldas empezó a recorrer en solitario y de manera autodidacta el camino de las ciencias físicas y naturales. Y aunque no pudiera saberlo en aquel momento, su práctica científica estaba participando de un proceso histórico e ideológico de enormes proporciones: la universalización del paradigma de la ciencia moderna ilustrada y su asimilación a un entorno histórico y cultural diferente al contexto europeo en donde se había gestado y consolidado como referente ideológico de progreso, racionalización y apropiación del mundo natural.

A su vez, los trabajos científicos de Caldas llegarían a ser un elemento ideológico fundamental en la consolidación de una élite criolla ilustrada que se apropió de los ideales de la Ilustración europea para consolidar un discurso político, moral y científico, que propició el fin del dominio colonial y configuró el surgimiento del orden republicano anclado en los imaginarios del progreso y la racionalidad.

²²⁵ Carta 33 de Marzo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.75-76. Caldas hace referencia a **Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon** (1707-1788) quien fue un noble y polímata francés que destacó como naturalista, botánico, matemático, biólogo, cosmólogo y erudito universal. Es uno de los científicos más representativos del siglo XVIII y el compendio de su obra tuvo gran influencia en los trabajos de científicos posteriores tales como Jean-Baptiste Lamarck y Charles Darwin. Su obra cumbre, publicada en 44 volúmenes entre 1749 y 1789, fue la *Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roy* cuyo objetivo era servir como gran compendio universal de todo el saber humano sobre la naturaleza; esta obra y su pretensión de abarcar todo el conocimiento humano tuvo una influencia decisiva en la concepción del gran proyecto ilustrado de la *Enciclopedia*. Como obra divulgativa sobre su vida y obra, véase: ROJO, Ariel. *El príncipe del conocimiento: George Louis de Buffon*. Colciencias. Alfaomega. Bogotá. 2001.

²²⁶ Aparte de **Santiago Pérez Arroyo**, otros amigos (todos payaneses distinguidos y compañeros desde la infancia) que apoyaron a Caldas en sus intereses científicos y lo patrocinaron económicamente fueron: **Antonio Arboleda Arraechea** (1770-1825) quien en varias ocasiones utilizó su solvencia económica para comprar libros e instrumentos que, por sus costos, estaban fuera del alcance de la modesta fortuna de Caldas. **José Ignacio de Pombo** (1761-1815) quien se radicó en Cartagena de Indias y llegó a consolidar una gran fortuna gracias a diversas actividades comerciales; fue un patrocinador importante de la Expedición Botánica y fue especialmente generoso con Caldas a quien apoyó financieramente costeándole viajes, libros e instrumentos científicos; otro mecenas de Caldas fue **Manuel María Arboleda Arraechea** (1767-1818) quién se ordenó sacerdote en 1787 y llegó a ocupar el cargo de Vicario general de la Diócesis de Popayán desempeñándose también como profesor de derecho del Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís; se interesó mucho por las ciencias físicas y naturales y apoyó a Caldas generosamente en sus empresas y estudios científicos.

Capítulo 5.

El descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría.

“El calor del agua hirviendo es proporcional a la presión atmosférica, la presión atmosférica es proporcional a la altura sobre el nivel del mar, la presión atmosférica sigue la misma ley que las elevaciones del barómetro, hablando con propiedad, el barómetro no nos enseña otra cosa que la presión atmosférica; luego el calor del agua nos indica la presión atmosférica del mismo modo que el barómetro; luego puede darnos las elevaciones de los lugares sin necesidad del barómetro y con tanta seguridad como él.”

Francisco José de Caldas. Biografía del sabio. II. Lino de Pombo. 227

Tras tomar la decisión, en 1795, de hacer del estudio de las ciencias su ocupación principal, Caldas continuó residiendo en la casona familiar de Popayán en donde organizó su ‘taller’ de científico aficionado: en sus habitaciones se ocupó de organizar libros, cuadernos de apuntes y colecciones de muestras botánicas mientras que en el patio central de la amplia casa colonial construyó con piedras grandes una especie de altar en donde ubicó su telescopio y solía pasar muchas noches en vela contemplando los astros.

Uno de los descendientes de la familia Caldas Tenorio recordaba de esta guisa los relatos que se contaban en la familia sobre la ya mítica figura del sabio y mártir Francisco José de Caldas muchos años después de su muerte:

“Caldas ocupaba la gran cámara de la esquina. El patio principal de la casa estaba circundado por amplias galenas o corredores, separados por verjas muy bajas del hermoso jardín que aquél formaba. Referíame mi abuela [María Baltasara Caldas, la hermana menor del sabio, nacida en 1784] que, por las noches, el Sabio, después de haber permanecido varias horas en su cuarto de estudio salía a los corredores a pasearse y meditar sobre los temas científicos que ocupaban su cerebro y sobre los cuales escribía constantemente. Durante estos paseos, Caldas se abotonaba y desabotonaba sin cesar su larga levita de paño, completamente abstraído en sus elucubraciones, y era tan imperiosa esta manía que el Sabio no podía substraerse a ella, a pesar de las amonestaciones de recoser casi todo los días los botones del vestido.

Como es sabido, Caldas construyó con propias manos los instrumentos científicos de que tenía necesidad, como podía haberlo hecho un consumado fabricante. Entre otros instrumentos fabricó un sextante y un pequeño telescopio, Con el fin de observar los astros hizo levantar en el centro del patio de la casa una especie de observatorio formado con piedras de molino, colocadas una sobre otras, de mayor a menor, para formar una gradería coronada por una especie de mesa circular, de piedra también. En las noches

²²⁷ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio. II.* pp.15-16.

claras, muy frecuentes bajo ese cielo tropical y entre las caricias del tibio clima de Popayán, subía el Sabio a su observatorio improvisado para escudriñar los astros.”²²⁸



Patio central de la casa familiar de los Caldas Tenorio en Popayán. En el centro se encuentra la estructura que Caldas construyó (con piedras grandes de molino) y en la que instaló su telescopio para realizar sus observaciones astronómicas.²²⁹

Más allá de lo anecdótico, lo cierto es que Caldas desde el comienzo de su práctica científica supo delimitar sus campos de interés y aunque con el paso de los años muchos de sus proyectos científicos resultaron irrealizables, o fueron olvidados, o quedaron relegados en pos de otras tareas, su interés por la astronomía y la botánica fueron constantes y a ellas terminó dedicando largos años de estudio y trabajo ininterrumpidos a pesar de las dificultades y las vicisitudes de su vida.

²²⁸ QUIJANO WALLIS, José María. *Memorias autobiográficas, histórico-políticas y de carácter social*. Editorial Incunables. Bogotá. 1983. Capítulo II. pp.42-43. **José María Quijano Wallis** (1847-1922) fue un destacado jurista, político y diplomático colombiano; por ascendencia familiar, pertenecía a la distinguida aristocracia payanesa que tuvo mucha influencia a lo largo de los siglos XIX y XX en la política de la recién fundada nación independiente (que, tras varios cambios de nombre, llegó a llamarse República de Colombia a partir de 1886). Era hijo del ecuatoriano Manuel de Jesús Quijano y Ordóñez y de la dama payanesa Rafaela Wallis y Caldas quien, a su vez, era hija del médico inglés George Joseph Wallis y de la señora María Baltasara Caldas (nacida en 1784), quien fue la hermana menor de Francisco José de Caldas. Por lo tanto, José María Quijano Wallis era sobrino nieto de Caldas aunque nació treinta y un años después de su muerte y sólo conoció a su ilustre antepasado a través de los relatos familiares.

²²⁹ Imagen tomada de: <https://www.periodicolacampana.com/unicauca-es-parte-activa-en-celebracion-nacional-e-internacional-del-250-natalicio-del-sabio-caldas/> [Consultado en Enero 7 de 2019]

Aparte de estas dos ciencias, Caldas se sintió fascinado por la geografía en general y por sus disciplinas afines: le encantaba observar la topografía de los paisajes andinos y, aficionado y encantado con la cartografía, soñó con escribir un gran Atlas del Nuevo Reino de Granada en el que, por primera vez, aparecerían fijadas con exactitud astronómica las latitudes y longitudes de los puntos geográficos más relevantes del territorio además de que incluiría un detallado estudio del entorno vegetal y zoológico del reino.²³⁰

Paralelo a su interés por la geografía, Caldas también se interesó por la meteorología y estudio fenómenos climáticos y atmosféricos e incluso llegó a suponer que el clima determinaba características biológicas (en las especies animales y vegetales) y culturales (en los seres humanos) y eso lo llevó a realizar inquisiciones antropológicas que dejó consignadas en sus escritos.²³¹ Cartógrafo por vocación, durante toda su vida Caldas siempre se interesó por fijar, con base en meticulosas observaciones astronómicas, las coordenadas de latitud y longitud de los muchos lugares que recorrió en sus travesías mercantiles y científicas.

En especial, Caldas se sintió cautivado por dos fenómenos que fue observando en sus travesías: el primero de ellos fue la paulatina variabilidad de las especies vegetales y animales dependiendo del clima que, a su vez, era determinado por la variación de altura sobre el nivel del mar y, el segundo, fue la observación de que el punto termométrico de ebullición del agua parecía variar en razón de la presión atmosférica que, a su vez, dependía de la altura sobre el nivel del mar.

Estos dos últimos fenómenos naturales llegaron a constituir, en la medida en que pasaron los años y Caldas alcanzó la plenitud de sus capacidades científicas y analíticas, el epicentro de su obra científica y constituyen, de hecho, el mayor logro intelectual de su trayectoria: el primer fenómeno, el hecho de que las especies vegetales endémicas de las latitudes tropicales se organizan en función de los diversos pisos térmicos determinados por la altura sobre el nivel del mar, llevó a Caldas a concebir la teoría de la Fitogeografía. El segundo fenómeno, la variabilidad del punto termométrico de ebullición del agua en función de la variación de la presión atmosférica determinada por la altitud sobre el nivel del mar, lo condujo a concebir y a plantear matemáticamente el principio termométrico de la Hipsometría.²³²

²³⁰ “El interés de Caldas por estudiar la cartografía disponible es evidente, buscando con ello lograr un conocimiento del territorio neogranadino que era muy difícil de obtener en aquella época a causa, entre otras cosas, de la ausencia de imprentas sofisticadas en el virreinato y de las restricciones que el gobierno español ejercía sobre la divulgación de los mapas en su afán de frenar el avance del contrabando y de las incursiones de los corsarios.”. SUÁREZ, Iván. *Francisco José de Caldas y Thenorio (1768-1816) Biografía*. En: CALDAS, Francisco José. *Cartas de Caldas ilustradas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 2016. pp.15-25. p.18.

²³¹ El texto principal de Caldas sobre este tópico de la influencia climática en los seres vivos y en aspectos antropológicos y culturales es el escrito titulado *Del influjo del clima sobre los seres organizados*. En: *Obras completas*. pp.79-120.

²³² Etimológicamente, la palabra *Hipsometría* se deriva de los vocablos griegos υψος (hypsos), que significa *Altura*, y μετρία (metría), que se deriva del término μέτρον (métron), que significa *Medida*. La Hipsometría (también denominada Altimetría) es la rama de la topografía que estudia los métodos y procedimientos adecuados y necesarios para determinar la altitud de un punto dado en relación a un plano de referencia que, por lo general, es el nivel del mar; la Hipsometría, por lo tanto, permite representar el relieve de la superficie terrestre.

Por desgracia para Caldas, aunque ambos descubrimientos eran extraordinarios y novedosos dentro del panorama de la ciencia transcontinental de finales del siglo XVIII - y daban buena cuenta de su genialidad autodidacta y de su gran capacidad analítica y observacional -, sus brillantes intuiciones quedaron relegadas al olvido al estar consignadas en escritos que tuvieron una mínima difusión y que no lograron llegar a los círculos científicos ilustrados de las academias y las publicaciones europeas que los hubieran podido evaluar y apreciar en su justa medida. Debido a las condiciones ideológicas, políticas y culturales que configuraban la compleja realidad del ámbito colonial, los escritos de Caldas no pasaron de ser una curiosidad erudita de autoría de un criollo ilustrado que aparecieron en algunas publicaciones elitistas locales de escasísima difusión y que, en la práctica, no tuvieron ninguna repercusión más allá del reconocimiento local en los reducidos círculos ilustrados del Nuevo Reino de Granada.

Pero, para 1797 y en el comienzo de su práctica científica, Caldas aún estaba lejos del reconocimiento y de la publicación de sus trabajos y no era parte del reducido círculo científico del virreinato; consciente de que se hallaba en el comienzo de su aprendizaje, se consagró con entusiasmo a su actividad científica y, en ese orden, se dedicó a instruirse y ejercitarse en astronomía, cartografía y botánica a partir de la lectura de los pocos libros que pudo conseguir sobre esos temas y de su práctica empírica como naturalista curioso.

En el campo de la astronomía, empezó a realizar observaciones diversas de la Luna, los planetas y, sobre todo, se interesó en observar las ocultaciones y apariciones de los satélites del planeta Júpiter para poder fijar con precisión y certeza coordenadas geográficas de diversos puntos del reino. En relación a la botánica, comenzó a instruirse en el conocimiento científico de las plantas y a elaborar herbarios. Y, en lo relativo a la cartografía, comenzó a aplicar sus recién adquiridas destrezas astronómicas para levantar mapas precisos con datos de latitud y longitud.

Entusiasmado con sus primeros aprendizajes y tratando de aplicar en la práctica lo que había aprendido en los libros y en sus observaciones, aprovechó su título de Bachiller en Derecho para intervenir en un litigio de límites que sostenían dos pueblos de la Provincia de Neiva. El asunto exigía la aplicación de las destrezas observacionales de Caldas como astrónomo y su pericia para poder traducir esas observaciones celestes en cálculos cartográficos precisos que le permitieran fijar las coordenadas de los límites de ambas villas estableciendo científicamente puntos geográficos de referencia. Armado con su instrumental astronómico, Caldas asumió el encargo y supo salir avante sorteando las peripecias propias de su quimérica ocupación de astrónomo autodidacta:

"Partí de Santafé en octubre del mismo año, y emprendí levantar la carta del país que iba a atravesar; observé la elevación del mercurio en el barómetro en La Mesa, Tocaima, Gigante, Pital; aquí se rompió el instrumento. A mi llegada a Timaná se disputaban los límites de jurisdicción este Cabildo y el de La Plata; se me encargó levantar la carta de su jurisdicción, que también ha visto usted. Yo quería establecer un punto en longitud por alguna observación astronómica; el eclipse de luna del 3 de diciembre de 1797 me ofrecía una ocasión muy ventajosa. Aunque no tenía péndola, sabía que con sólo la altura de una estrella podía concluir el tiempo verdadero de mi observación. Yo había hecho construir un cuarto de círculo de

madera de 17 pulgadas francesas de radio, le había dividido con cuanta exactitud me fue posible, poseía un antejo de cuatro palmos y una muestra de segundos, regular; pero me faltaba un coobservador. El cura del [pueblo del] Gigante, hombre de talento, se encargó de ayudarme. Antes del eclipse observó la altura de dos estrellas y noté el instante que señalaba mi muestra: el cálculo me enseñó lo que atrasaba o adelantaba sobre el tiempo verdadero. Poco después comenzó la inmersión, y noté por mi muestra la hora y segundos en que se verificó: lo mismo hice con veinticinco lugares del disco lunar. Concluida la inmersión, tomé la altura de otras estrellas para poder juzgar del estado de la muestra. Diez y siete lugares observé en la emersión, y concluí por volver a tomar alturas de estrellas para corregir la muestra. De este modo comencé la carta de Timaná, que concluí en febrero de 1798.

Dejé este país miserable y volví a Popayán con el conocimiento que no era para mercader; aquí he trabajado en cultivar la astronomía. Empecé a fijar la longitud de mi patria: sabía que en Cali existía un telescopio acromático de cuatro pies, e hice todos mis esfuerzos para que me lo prestasen. Lo conseguí, y he logrado observar cuatro emersiones del primer satélite de Júpiter.”²³³

Poco a poco, Caldas fue afinando sus dotes observacionales y, desde la práctica y el estudio ininterrumpidos, con los años pasó de ser un neófito aficionado a un juicioso científico autodidacta. En su vocación de hombre de ciencia, le ayudó mucho su carácter retraído y dado a la ensoñación pues permanentemente elucubraba sobre observaciones que surgían de su trasegar permanente entre diversidad de paisajes y entornos naturales; también le favoreció su gusto por el detalle y la clasificación pues era necesario para el trabajo botánico; además, Caldas poseía un toque intuitivo que le resultó determinante en el momento de vislumbrar – entre otros hallazgos y tal como se ha mencionado - que las plantas se organizaban sobre el terreno en función de los pisos térmicos que eran determinados por la altitud y que este parámetro, la altura sobre el nivel del mar, también incidía en el grado de temperatura del punto de ebullición del agua y que, por lo tanto - brillante inducción -, un termómetro que registrara la temperatura de ebullición del agua en determinado lugar bien podría servir también para calcular la altura sobre el nivel del mar de ese mismo sitio sin necesidad de recurrir a un barómetro.

De esta manera, en el lapso comprendido entre 1795 y 1801 - y salvo sus eventuales desplazamientos entre pueblos y entre Popayán y Santafé que aprovechaba también para realizar observaciones científicas -, Caldas permaneció en su casa familiar y persistió en sus estudios dedicándose a la lectura de sus libros de ciencia y a la realización de observaciones y experimentos diseñados por él mismo:

²³³ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. pp.114-115. Sobre la observación astronómica descrita por Caldas, valga la siguiente información complementaria: “La noche del citado 3 de diciembre del citado año de 1797 observa un eclipse total de luna en la villa de Gigante con ayuda de su Cuarto de Círculo artesanal de 17 pulgadas francesas de radio, de un telescopio o antejo de cuatro palmos y del mecanismo de un reloj inglés que le servía para calcular el tiempo local de su observación mediante la determinación de alturas de estrellas, a falta de una péndola astronómica propiamente dicha o de un cronómetro marino. El sacerdote Pedro José María Borda, hombre aficionado a las ciencias, le sirvió como ayudante y las mediciones obtenidas le permitieron establecer un punto fijo de longitud para perfeccionar el mapa que le había sido solicitado. Estos resultados hicieron parte del manuscrito que suministró a Alexander von Humboldt en 1802 y que fueron publicados con el debido crédito para el payanés por parte del astrónomo Jabbo Oltmanns en el octavo tomo de la obra *Recueil d’observations astronomiques d’opérations trigonométriques et de mesures barométriques* (París, 1810).” SUÁREZ, Iván. *Francisco José de Caldas y Thenorio (1768-1816) Biografía*. p.18.

en las noches observaba las estrellas con su telescopio prestando especial atención a los satélites de Júpiter, a las fases lunares y a eventos especiales como eclipses; y durante los días, se dedicaba a la botánica recolectando muestras vegetales para elaborar exicados, clasificarlos y conservarlos en herbarios; o se ejercitaba en cartografía y equipado con la brújula y el gnomon artesanal, observaba la altitud del Sol sobre el horizonte y fijaba latitudes; o se ocupaba de observaciones meteorológicas y, equipado con termómetro y barómetro, iba tomando mediciones de temperatura en lugares diversos y en diferentes momentos del día a la vez que se interesaba por observar la variación de la altura del nivel de mercurio en el barómetro en función de la altitud sobre el nivel del mar de los lugares en los que se encontraba.

*“Nacido con una inclinación irresistible por las Matemáticas, y en especial por la Geografía y por la Astronomía, me dediqué desde mis primeros años a ese estudio. La falta absoluta de libros, de instrumentos y de maestros, detuvo mis primeros pasos. Yo quería suplir esta falta con la obstinación y con cuatro libros anticuados. En 1796 hice un viaje a esta capital [Santafé] para buscar algunos libros, algunas luces y algunos instrumentos. Yo vi que era necesario concentrarme dentro de mí mismo, y que en la capital, como en mi patria, no había instrumentos y mucho menos astrónomos. En el silencio, en la oscuridad de Popayán traté de formarme un Cuarto de círculo conforme al que describe el Excelentísimo señor don Jorge Juan en sus Observaciones Astronómicas. Este sabio español, honor de la Nación y de las ciencias, fue mi guía en medio de las densas tinieblas que me rodeaban. A fuerza de una constancia obstinada, formé mi Cuadrante de madera, que aún conservo en Popayán, y con él comencé el curso de mis observaciones. Yo fijé en latitud a Popayán; hice muchas observaciones; levanté la carta de Timaná y el origen del Magdalena, con otras muchas que verá Vuestra Excelencia en mi Colección de observaciones que actualmente organizo y preparo para ponerla bajo la protección ilustrada de Vuestra Excelencia así que la concluya.”*²³⁴

5.1 - El descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría.

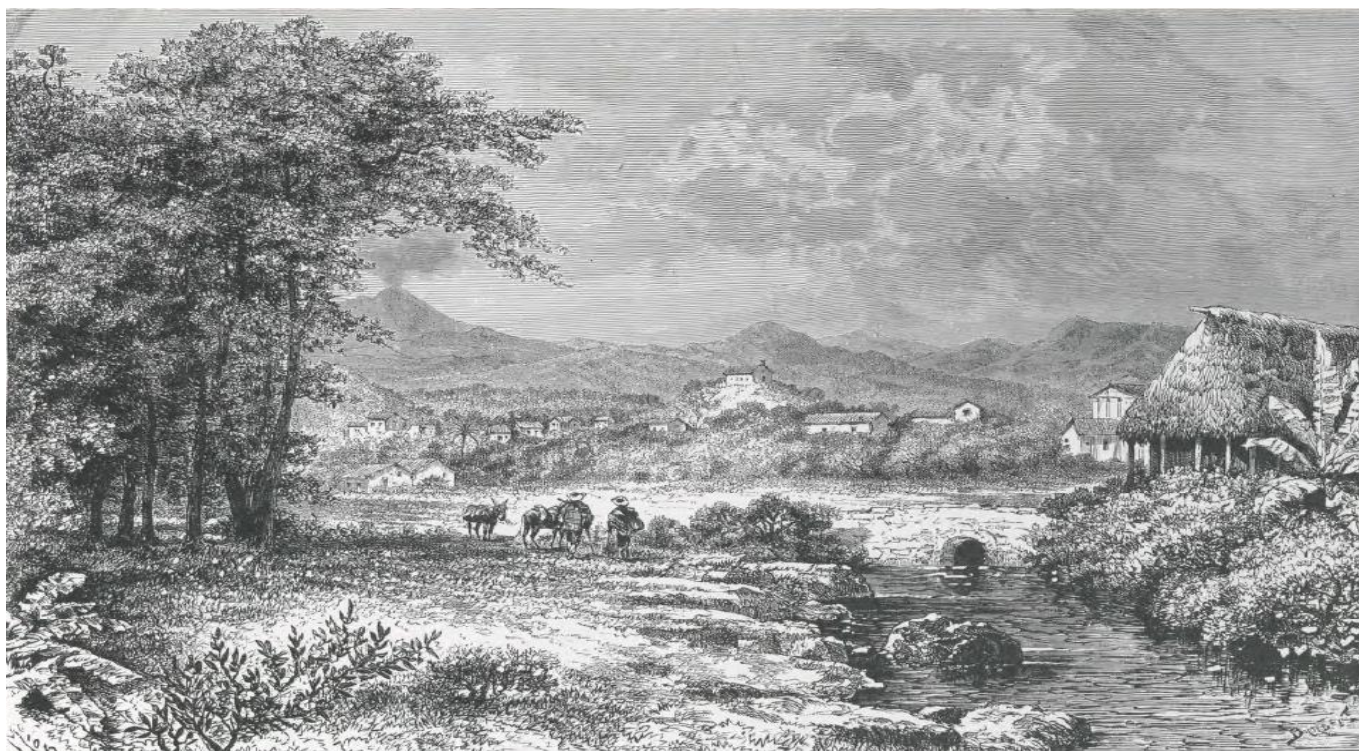
Si bien Caldas ocupaba su tiempo leyendo los libros que atesoraba en su biblioteca y realizando experimentos y observaciones, también se aficionó a organizar expediciones por los alrededores de Popayán ya fuese en solitario o en compañía de algunos de sus amigos a los que trató de aficionar a las ciencias y que le ayudaban en sus recolecciones botánicas o en las mediciones de presión y temperatura con barómetro y termómetro o fungían como asistentes en sus montajes astronómicos con telescopio y péndola.

En los primeros meses de 1801 (no se tiene certeza sobre la fecha exacta), Caldas y algunos amigos planearon y realizaron una excursión al volcán activo del Puracé (siempre coronado por nieves

²³⁴ CALDAS, Francisco José. *Informe al Virrey*. En: *Obras completas*. pp.213-226. pp.213-214. Este documento fue redactado por Caldas en Santafé en julio de 1809 cuando se desempeñaba como director del Real Observatorio Astronómico de San Carlos y debía entregar informes periódicos sobre su trabajo al virrey Antonio José Amar y Borbón (quien ocupó el cargo entre 1803 y 1810).

perpetuas) que se encuentra a 52 kilómetros al suroriente de Popayán y que tiene una altitud de 4646 metros sobre el nivel del mar:

“El autor de este viaje fue don Antonio Arboleda, joven de luces y amante de los conocimientos útiles. Nos acompañó don Juan José Hurtado,²³⁵ animado por igual espíritu. Gastamos ocho días, asistidos con magnificencia nada común y auxiliados con cuanto quisimos. Formamos una Memoria sobre el volcán de Puracé; ella contiene la determinación del término de la vegetación a 2°20' de latitud boreal, reflexiones sobre este particular, el análisis de dos fuentes minerales, la descripción de ellas y de dos cascadas, nuestras observaciones geodésicas, conjeturas sobre la erupción del volcán, y en fin, la descripción de un número considerable de plantas.”²³⁶



Paisaje cerca de Popayán. Vista del volcán Puracé.²³⁷

Durante esta expedición, Caldas rompió por accidente su preciado termómetro, lo cual era un hecho lamentable pues estos instrumentos además de costosos eran muy escasos y difíciles de conseguir; sin embargo, como el mismo Caldas recordaba más adelante, este golpe de mala fortuna se convirtió en un acontecimiento promisorio que lo llevó a un gran descubrimiento:

²³⁵ **Juan José Hurtado y Arboleda** (1773-1804), fue otro amigo cercano de Caldas que también pertenecía a una aristocrática y tradicional familia payanesa y que, al igual que Caldas, recibió una beca que le permitió adelantar estudios en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en Santafé.

²³⁶ CALDAS, Francisco José de. *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice, por Don Francisco José de Caldas*. En: *Obras completas*. pp.153-173. pp.153-54.

²³⁷ Dibujo realizado por el ilustrador francés Édouard Riou (1833-1900). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.139.

“En un pequeño viaje que hicimos al volcán de Puracé, distante cinco leguas al este de Popayán, para reconocer sus bocas, elevación, término de la nieve permanente en esta latitud, muchas vertientes de aguas minerales y plantas, no tuve acontecimiento más feliz que romper un termómetro por la extremidad del tubo. Sí, este fue el fruto más precioso de esta expedición, porque él fue la causa de que naciesen en mi alma ideas que de otro modo nunca se habrían excitado.”²³⁸

¿Cuáles eran esas ideas que surgieron en la mente de Caldas como consecuencia del rompimiento del termómetro?; la idea que deslumbró a Caldas se manifestó en el momento en que, vuelto a Popayán, trató de arreglar él mismo su instrumento artesanalmente soldando las partes quebradas del tubo de vidrio y tratando de reconstruir la escala de temperatura estropeada por el accidente:

“Restituido a Popayán sin más termómetro que el que acababa de romper, con el dolor de ver interrumpida una serie de observaciones comenzadas, traté de hacer útil lo que me quedaba de este instrumento. El término del hielo –me decía–, aunque ha quedado invariable, es preciso que baje a causa del mercurio, que se ha de derramar cuando lo hierva; pero nosotros gozamos de la nieve todo el año, y es fácil obtener el término inferior de mi escala. En mis primeras reflexiones creí que el calor del agua hirviendo me daría con igual seguridad el término superior. Sin profundizar más sobre la verdad de estos principios, tomo agua de lluvia con precaución, la hiervo, sumerjo mi termómetro, dejo que evacúe todo el mercurio superabundante, lo cierro y creo tener un extremo de mi nueva escala. Hago venir nieve, la machaco y envuelvo en ella la bola del termómetro; señalo el punto en que se detiene y pienso que no faltaba ya otra cosa que dividir el espacio contenido entre estos dos puntos en 80 partes, si quería la escala de Réaumur,²³⁹ y en 180 si la de Fahrenheit.²⁴⁰ Pongo en ejecución mi pensamiento; hallo unos grados demasiado pequeños, comparados con los que tenía el termómetro antes de romperse. El calor de la atmósfera de Popayán, tan conocido para mí por mis anteriores observaciones, crece; y habría creído cualquiera, desnudo de este conocimiento, que esta ciudad tenía el temperamento de Neiva o de Mariquita. Concluí en general que había error en los extremos de mi escala y que era necesario profundizar la materia. Ambos puntos, el hielo y el calor del agua ¿estarán afectados por alguna corrección precisa que he omitido? ¿Tendrá la nieve más frío en la vecindad de la línea [del Ecuador]? ¿Resucitará la opinión de que el hielo es más frío en razón de la latitud? Yo había tenido cuidado de

²³⁸ *Ibidem.*

²³⁹ La **escala termométrica de Réaumur** es un sistema de medición de temperaturas que actualmente se encuentra en desuso (se basa en la unidad denominada grado Réaumur que se representa como °Re). La escala recibe su nombre en reconocimiento al físico francés **René Antoine Ferchault de Réaumur** (1683-1757) que la concibió en 1731. Como puntos de referencia, el valor de 0° Réaumur corresponde al punto de congelación del agua y el valor de 80° Réaumur corresponde al punto de ebullición del agua.

²⁴⁰ La **escala termométrica de Fahrenheit** es un sistema de medición de temperaturas (se basa en la unidad denominada grado Fahrenheit que se representa como °F). La escala recibe su nombre en reconocimiento al físico polaco **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686-1736) que la concibió en 1717 y quien también fue el inventor del termómetro de mercurio con bulbo (el instrumento consiste en un tubo de vidrio con un pequeño conducto vertical en su interior comunicado en su extremo inferior con una ampolla llena de mercurio). Como puntos de referencia, el valor de 32° Fahrenheit corresponde al punto de congelación del agua y el valor de 212° Fahrenheit corresponde al punto de ebullición del agua.

sumergir mi termómetro muchas veces en la nieve antes de que se rompiese, y siempre había bajado exactamente al término de la congelación. No podía pues concluir nada contra la invariabilidad del término inferior.”²⁴¹



Termómetro inglés de mercurio (en su estuche y fuera de él) manufacturado en Londres en 1815 por el fabricante de instrumentos científicos Thomas Rubergall; el instrumento tiene inscrita la escala termométrica Fahrenheit a la izquierda del tubo del mercurio y la escala de temperatura Réaumur a la derecha.²⁴²

Así, tras soldar las partes rotas del termómetro, Caldas procedió a llenarlo nuevamente con el mercurio y, puesto que la escala de temperatura inscrita sobre los trozos de vidrio rotos se había estropeado, trató de hallar una manera de reconstruir la escala calibrando él mismo el instrumento reconstruido:

Pensó Caldas que - para reconstruir la escala estropeada - sólo tenía que sellar de nuevo el tubo de vidrio del termómetro con el mercurio en su interior y, a continuación, debía colocar el extremo del instrumento dentro de nieve marcando el nivel que alcanzara el mercurio en ese momento como el grado cero de su escala reconstruida; luego, debía sumergir el termómetro en agua hirviendo y señalar el punto que alcanzara el mercurio como el punto de ebullición: “[...] es fácil obtener el término inferior de mi escala. En mis primeras reflexiones creí que el calor del agua hirviendo me daría con igual seguridad el término superior”.

²⁴¹ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* p.154.

²⁴² Imágenes tomadas de: <https://jasonclarkeantiques.co.uk/products/regency-period-cased-mercury-fahrenheit-thermometer-by-thomas-rubergall-27-coventry-st-london> [Consultado en Enero 7 de 2019]

Por último, debía elegir la escala de temperatura a utilizar para proceder a subdividir la distancia entre el punto de congelación y el punto de ebullición en tantos grados como indicara la escala de su elección: si elegía la Escala de Réaumur, tendría que subdividir la distancia entre ambos puntos en 80 unidades (equivalentes cada una de ellas a un grado en la escala de Réaumur: 1° Re); si optaba por manejar la Escala de Fahrenheit, tendría que subdividir la distancia sobre el tubo de vidrio del termómetro en 180 unidades (y cada una de ellas equivaldría a un grado en la escala Fahrenheit: 1° F).²⁴³

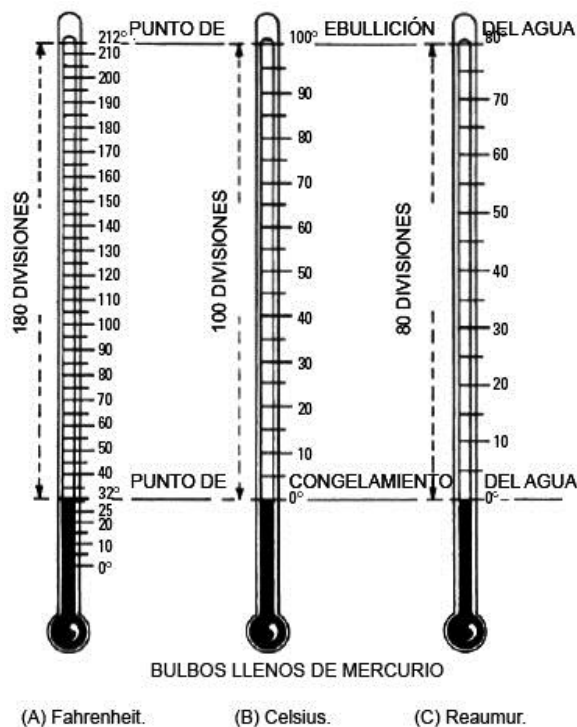


Tabla de equivalencias entre las escalas termométricas Fahrenheit, Celsius²⁴⁴ y Réaumur.²⁴⁵

²⁴³ Caldas señala en este aparte como escalas de temperatura aquellas que estaban en uso en el Nuevo Reino de Granada para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX y que eran las que él conocía y manejaba en sus instrumentos en aquel momento: la Escala Réaumur y la Escala Fahrenheit. La Escala termométrica centígrada (o Escala Celsius) no aparece aún en este escrito como referente.

²⁴⁴ La **escala termométrica centígrada**, o **Escala Celsius**, fue ideada en 1742 por el físico y astrónomo sueco **Anders Celsius** (1701-1744) tomando como puntos de referencia las temperaturas de ebullición y de congelación del agua; en un principio asignó un valor de 0° Centígrados para el punto de ebullición y de 100° Centígrados para el punto de congelación (de esta manera, un mayor valor equivalía a una temperatura menor). Posteriormente, el físico y polímata francés **Jean-Pierre Christin** (1683-1755) introdujo la escala Celsius en Francia en 1743 y, tal como había hecho el naturalista sueco Carl von Linné, decidió invertir los términos de la escala para mayor claridad y coherencia (de esta manera, un valor mayor equivalía a una temperatura mayor). Finalmente, el físico y matemático británico **William Thompson, Lord Kelvin** (1824-1907) definió en 1848 su escala absoluta de temperatura en función del grado Celsius (que se representa como °C). La escala empezó a popularizarse desde comienzos del siglo XIX y hoy en día el Grado Celsius es reconocido como unidad termométrica de medida en el Sistema Internacional de Unidades (junto con el Grado Kelvin - representado por el símbolo K -, que es matemáticamente equivalente al Grado Celsius)

²⁴⁵ Imagen tomada de: <https://juan0590.wordpress.com/segundo-corte/termometros/las-escalas-de-medidas-son/%E2%80%A2escala-reaumur/> [Consultado en Enero 7 de 2019]

Pero Caldas notó que había ocurrido algo extraño e inexplicable durante la reparación del termómetro porque la escala restaurada elaborada por él - tomando como referencia la temperatura de la nieve para el grado inferior (de 0° Re o 0° F) y la temperatura del agua hirviendo para el grado superior (de 80° Re o 180° F) - no se correspondía con la escala original que tenía el instrumento antes de romperse: *“Pongo en ejecución mi pensamiento; hallo unos grados demasiado pequeños, comparados con los que tenía el termómetro antes de romperse.”*

Desconcertado por esta extraña discrepancia entre ambas escalas termométricas, Caldas asumió - correctamente - que debía existir un fenómeno físico desconocido que era la causa de este desfase entre la escala termométrica original del termómetro inglés (fabricado y sellado en Londres, a unos 35 metros sobre el nivel del mar) y la escala que él había calculado en su casa de Popayán (a unos 1760 metros sobre el nivel del mar): *“Concluí en general que había error en los extremos de mi escala y que era necesario profundizar la materia. Ambos puntos, el hielo y el calor del agua ¿estarán afectados por alguna corrección precisa que he omitido? ¿Tendrá la nieve más frío en la vecindad de la línea [del Ecuador]? ¿Resucitará la opinión de que el hielo es más frío en razón de la latitud?”*.

Así, la primera intuición de Caldas apuntó a la hipótesis de que quizá la temperatura de la nieve o el hielo - y, por ende, la temperatura del punto de congelación del agua - variaba en función de la latitud terrestre y ello explicaría el desfase entre ambas escalas puesto que la primera (la original del termómetro inglés) había sido calculada en Londres en una latitud muy al norte del Ecuador terrestre y, la segunda (la que había sido elaborada por el mismo Caldas) había sido calculada en un punto geográfico muy cercano a la línea del Ecuador.

Sin embargo, Caldas desestimó acertadamente esta hipótesis de trabajo afirmando que la temperatura del punto de congelación del agua no variaba en función de la latitud de los lugares; así, él mismo respondió a su primera inquietud de manera tajante:

“¿Tendrá la nieve más frío en la vecindad de la línea [del Ecuador]? ¿Resucitará la opinión de que el hielo es más frío en razón de la latitud? Yo había tenido cuidado de sumergir mi termómetro muchas veces en la nieve antes de que se rompiese, y siempre había bajado exactamente al término de la congelación. No podía pues concluir nada contra la invariabilidad del término inferior. Por el contrario, mis observaciones sobre este objeto confirmaban su fijeza de un modo más victorioso que las del doctor Martine.²⁴⁶ Este físico había visto solamente que el hielo era tan frío a 56°20' como a 52°30' de latitud boreal, entre las cuales no hay más diferencia que 3°48'. Pero mis trabajos en este género prueban que mi termómetro, que señala 0° en Londres a 51°30' de latitud, se detiene en el mismo punto a 2°24' de latitud [en Popayán], cuando se le sumerge en el hielo, y acabo de ver que lo mismo sucede en Quito

²⁴⁶ Caldas hace referencia al físico escocés **George Martine** (1700-1741) cuyo nombre ha encontrado mencionado en las obras del físico francés **Joseph-Aignan Sigaud de Lafond** (1730-1810) que fue, durante el siglo XVIII, uno de los grandes promotores de la física experimental y de su enseñanza; entre las obras científicas más relevantes de éste último se encuentran los tratados de *Leçons de physique expérimentale* (1767), *Traité sur l'électricité* (1771) y *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* (1776). Caldas conoció y estudió las *Leçons de physique expérimentale* en su traducción al español titulada *Elementos de física teórica y experimental* (publicada en 7 volúmenes en Madrid entre 1787 y 1792); la referencia que hace Caldas se remite a un aparte entre las páginas 188 y 191 del Tomo III de esta edición en la que Sigaud de Lafond menciona al físico escocés George Martine.

a 13' de latitud austral. El hielo es pues igualmente frío bajo la línea que a 51°30' de latitud boreal, esto es, en un país bajo como en Londres, y a 800 toesas en Popayán, o a 1,600 sobre el mar en Quito; países tan diferentes por su clima y por sus producciones, que parecen los extremos."²⁴⁷

De esta manera, Caldas desestimó la idea errónea de que la temperatura del punto de congelación del agua variaba con la latitud pues, como él mismo dice, muchas veces tomó la temperatura de la nieve con el termómetro en cuestión antes de que se rompiese y observó que siempre el instrumento señalaba con precisión los 0°: *"Yo había tenido cuidado de sumergir mi termómetro muchas veces en la nieve antes de que se rompiese, y siempre había bajado exactamente al término de la congelación. No podía pues concluir nada contra la invariabilidad del término inferior."*; así, Caldas sabía con certeza que la temperatura del punto de congelación del agua era la misma en Londres a 51°30', prácticamente al nivel del mar, que en Popayán a 800 toesas sobre el nivel del mar y a 2°24' de latitud norte o en Quito a 1600 toesas de altitud y a 0°13' de latitud sur.²⁴⁸

Si el punto de congelación era el mismo en todas partes entonces la referencia inferior del instrumento (la línea indicadora de los 0°) no podía ser la causa del desfase entre la escala original del termómetro y la escala calculada por Caldas para repararlo; por lo tanto, la causa de la diferencia entre ambas escalas debía residir en el punto superior de la escala reparada pues, de alguna manera (aún desconocida para Caldas), el punto de ebullición del agua parecía ser diferente a la altura de Popayán que a la altura de Londres (mucho menor) en la que el instrumento había sido fabricado, calibrado y sellado.

¿Qué circunstancia física podía afectar al término superior del termómetro indicador del punto de temperatura de ebullición del agua?; si la latitud no tenía ningún efecto sobre la temperatura de los puntos de congelación y ebullición del agua, entonces, ¿qué otro fenómeno natural o circunstancia física divergente entre las ciudades de Londres y Popayán haría que la calibración de la escala termométrica variase entre ambos lugares?

Tratando de responder a estos interrogantes, Caldas realizó una brillante inducción: si el grado de temperatura inferior del instrumento (que indicaba el punto de congelación del agua) no sufría ninguna alteración en función del lugar ni del momento ni de la latitud en los que se realizaba la medición, entonces la divergencia entre ambas escalas (la original y la reconstruida por Caldas) se debía a una discrepancia en el término superior del termómetro que indicaba el grado de temperatura del punto de ebullición del agua, ¿y qué podría afectar esta temperatura de referencia (supuestamente invariable) a la que el agua alcanza su punto de ebullición?, ¿esta discrepancia no podría ser causada

²⁴⁷ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* pp.154-155.

²⁴⁸ La **Toesa** era una antigua unidad de medida de longitud de origen francés que equivalía a 1,949 metros o, en medidas de la época, a 7 pies castellanos. El **Pie Castellano** (equivalente al llamado Pie de Burgos), era una antigua unidad española de longitud equivalente a 27,86 centímetros. Las medidas enunciadas en este aparte por Caldas, convertidas a sistema métrico decimal, tienen las siguientes equivalencias: 800 toesas de altitud para Popayán equivalen a 1559,2 metros sobre el nivel del mar (en realidad la ciudad se encuentra a 1760 m.s.n.m.) y 1600 toesas de altitud para Quito equivalen a 3118,4 metros sobre el nivel del mar (la altitud correcta de la ciudad es de 2850 m.s.n.m.).

por la presión atmosférica del lugar de referencia?, ¿y acaso la presión atmosférica no está determinada por la altura sobre el nivel del mar?:

“Si tenía ideas claras y hechos que demuestran el término del hielo, había pensado muy poco en el del agua hirviendo. Desde entonces conocí que el error de la escala se acumulaba sobre el término superior, y traté de adquirir nociones exactas sobre él, como las tenía del inferior. Bien presto vi que aunque el calor del agua hirviendo es constante, supone igual presión atmosférica; que aumentándose o disminuyéndose ésta, se aumenta o disminuye el calor del agua.”²⁴⁹

De esta manera, la reflexión de Caldas avanzó un paso más: la divergencia entre ambas escalas termométricas (la original y la reconstruida por él) indicaba una disparidad en el grado de temperatura del punto de ebullición del agua debida a alguna circunstancia física que existía entre el lugar en el que el termómetro había sido calibrado y sellado originalmente (Londres) y el lugar en el que Caldas había tratado de reconstruir la escala original (Popayán); entonces, si la latitud no era la explicación, podía serlo una variación en la presión atmosférica que, evidentemente, era muy diferente entre Londres y Popayán debido a su muy distinta altitud sobre el nivel del mar (sin importar ni las muy divergentes latitudes de ambas ciudades ni sus climas ni sus ubicaciones geográficas ni ninguna otra circunstancia diferente a la altura sobre el nivel del mar).

Ahora bien, puesto que el análisis de Caldas se había desplazado a la presión atmosférica, el instrumento sobre el que centró su atención fue el barómetro ya que este aparato podía indicarle con toda claridad la altura sobre el nivel del mar (en función de la presión atmosférica) de un lugar específico. Si se realizaban diversas mediciones en diferentes lugares, las diferencias de presión atmosférica indicarían variaciones en las alturas respectivas sobre el nivel del mar entre varios puntos geográficos de referencia, y esta información se podría contrastar con mediciones termométricas sobre el punto de ebullición del agua que se realizasen en los mismos lugares de referencia.²⁵⁰

El barómetro²⁵¹ es un instrumento científico que mide la presión atmosférica entendiendo ésta como el peso ejercido por la atmósfera sobre un lugar determinado de la superficie terrestre. El inventor del barómetro fue el físico y matemático italiano Evangelista Torricelli,²⁵² discípulo de Galileo, quien

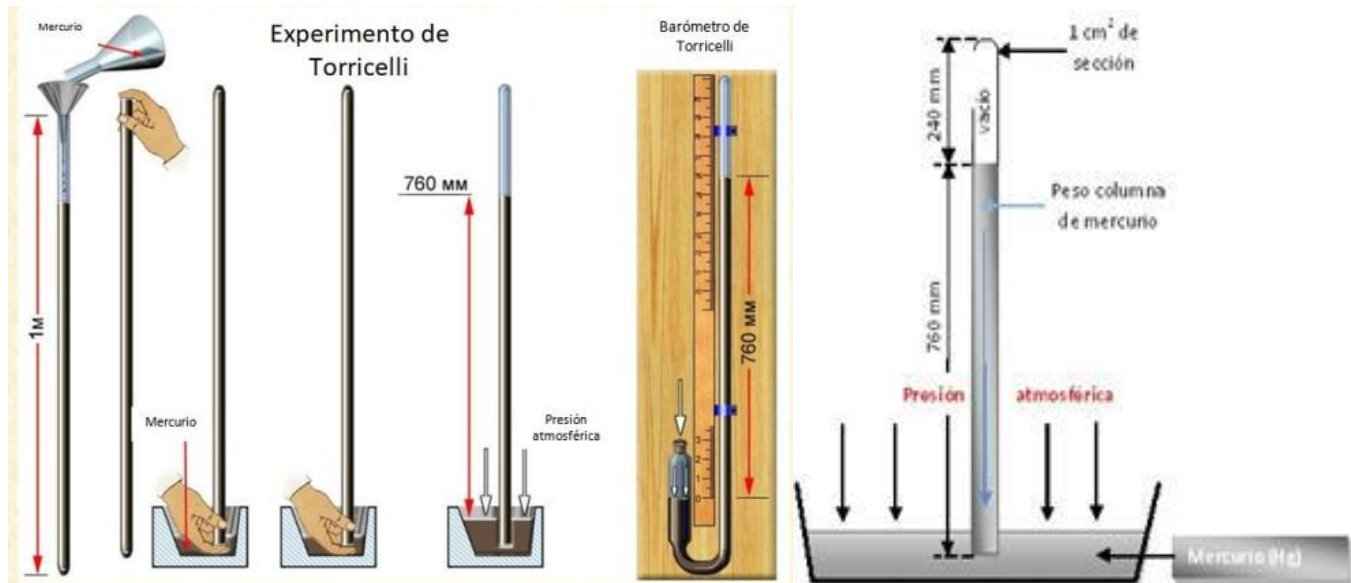
²⁴⁹ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* p.155.

²⁵⁰ Sobre la importancia y el uso del barómetro durante el siglo XVIII en el contexto científico hispánico, véase: GUIJARRO, Víctor. *El barómetro y los proyectos meteorológicos de la Ilustración: el caso español.* En: *Revista Universitaria de Filosofía ÉNDOXA.* Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Madrid. Número 19. 2005. pp.159-190.

²⁵¹ Etimológicamente, el término *Barómetro* se deriva de los vocablos griegos βάρος (Báros), que significa *Peso*, y μέτρον (Métron), que significa *Medida*.

²⁵² **Evangelista Torricelli** (1608-1647) fue un físico, matemático y pulidor de lentes italiano discípulo de **Galileo Galilei** (1642-1727). Se le considera el descubridor de la presión atmosférica y es el inventor del barómetro de mercurio que es un aparato diseñado para cuantificar el peso de la atmósfera en un lugar determinado; también demostró que era posible crear un vacío en un recipiente al extraer el aire contenido en él. Sobre sus aportes científicos y su contexto de sus trabajos, véase: FESTA, Edigio. *Torricelli, Pascal y el problema del vacío.* En: *La ciencia europea desde 1650 a 1800. Actas XIII y XIV.*

descubrió que el aire tiene peso y que, por lo tanto, en cualquier lugar de la Tierra, el aire de la atmósfera ejerce un determinado peso sobre una superficie específica: “*Vivimos sumergidos en el fondo de un océano de aire normal y corriente que, gracias a experimentos irrefutables, sabemos que tiene peso.*”;²⁵³ evidentemente, a nivel del mar hay una mayor presión atmosférica que en la cima de una montaña puesto que, a mayor altura, menos atmósfera hay y ésta cada vez es más tenue en la medida en que se asciende.²⁵⁴



Ilustraciones explicativas sobre el funcionamiento y uso del barómetro. Téngase en cuenta que la presión atmosférica a nivel del mar hace que la columna de mercurio se establezca a una altura de 760 mm; en la medida en que aumenta la altitud sobre el nivel del mar, la presión atmosférica disminuye y, por lo tanto, el nivel del mercurio dentro del tubo de vidrio desciende.²⁵⁵

Tras reflexionar cuidadosamente sobre los fenómenos físicos que observó en su intento por reparar el termómetro estropeado, Caldas realizó un salto inductivo que lo llevó al descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría; he aquí el derrotero analítico que siguió su razonamiento:

- (1) Escalas termométricas dispares (en su grado de referencia superior y calibradas la una en Londres y la otra en Popayán) implicaban, en último término, divergencias en el punto de ebullición del agua entre ambos lugares.

[Recurso electrónico]. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. Santa Cruz de Tenerife. 2003-2005. Artículo disponible en:

<http://www.divulgameteo.es/uploads/Torricelli-Pascal.pdf> [Consultado en Julio 1 de 2019]

²⁵³ PICKOVER, Clifford. *El libro de la Física*. Librero. China. 2013. p.92.

²⁵⁴ Sobre la figura de Torricelli y su famoso experimento, véase: HERRERA, Rosa. *Historias de Matemáticas. Historia del experimento barométrico*. En: *Revista de Investigación. G.I.E. Pensamiento matemático*. Universidad Politécnica de Madrid. Número 2. Abril 2012. pp.1-14.

²⁵⁵ Imágenes tomadas de:

<https://www.lifeder.com/experimento-de-torricelli/> [Consultado en Agosto 24 de 2019]

http://www.jisanta.com/Meteorologia/meteorolog%C3%ADa_presion_atmosferic.htm [Consultado en Agosto 24 de 2019]

- (2) Esa variación de temperatura en el punto de ebullición del agua no podía atribuirse ni a la latitud ni a otras condiciones físicas sino que era generada por las diferencias existentes en la presión atmosférica de ambos lugares de referencia.
- (3) La presión atmosférica podía ser determinada por el barómetro que, de hecho, es el instrumento idóneo para cuantificar esa magnitud física.
- (4) La presión atmosférica es inversamente proporcional a la altitud sobre el nivel del mar: a mayor altura sobre el mar, menor presión atmosférica y, a menor altura sobre el nivel del mar, mayor presión atmosférica.²⁵⁶
- (5) El punto de ebullición del agua varía en función de la presión atmosférica que es, a su vez, dependiente de la altitud sobre el nivel del mar.
- (6) Si el punto termométrico de ebullición del agua varía con la presión atmosférica significa que lo hace también en función de la altitud sobre el nivel del mar.
- (7) Consecuentemente, es posible determinar la altitud de un lugar sobre el nivel del mar midiendo el grado de temperatura necesario para que el agua alcance su punto de ebullición en ese lugar.
- (8) En conclusión, con un termómetro se puede conocer la altitud sobre el nivel del mar.

La utilidad tangible de todo este proceso inductivo era el hecho de que, de ser cierta la hipótesis de Caldas, en adelante se podría conocer la altura sobre el nivel del mar de cualquier lugar en el planeta sin tener que recurrir al barómetro que, para la época, resultaba un instrumento más complejo y aparatoso que el simple y fiable termómetro; mientras el barómetro exigía cuidados de transporte y montaje engorrosos, el termómetro era un sencillo tubo de vidrio sellado que sólo necesitaba exponerse al entorno cuya temperatura se deseaba medir.

Caldas, en su calidad de viajero y explorador, sabía que si el termómetro podía suplir al barómetro como instrumento indicador de altitudes y presiones atmosféricas, se daría una mejora significativa de las condiciones de observación y medición y que eso tendría un impacto muy positivo en la obtención de datos de inmenso valor alrededor de todo el globo terrestre; bastaría con que los termómetros añadieran una escala barométrica anexa a la escala termométrica y se tendría un instrumento multipropósito muy sencillo de utilizar y de interpretar mientras que el barómetro exigía unos conocimientos y unas destrezas operativas que, en la práctica, quedaban por fuera de las posibilidades de exploradores inmersos en condiciones de observación exigentes:

“Todos los que tienen alguna práctica en el uso del barómetro convienen en que es un instrumento de difícil transporte, voluminoso, mucho más expuesto que el termómetro, y que el montarlo bien exige mil

²⁵⁶ En 1648, el científico y filósofo francés Blaise Pascal utilizó un barómetro para demostrar que la presión atmosférica disminuye en la medida en que se asciende una montaña; la presión atmosférica en la cima de una montaña es menor que en la base de la misma. Véase: DE BONO, Edward. *Eureka. Historia de Invención*. Editorial Labor. España. 1975. p.196.

cuidados y atenciones de que no es capaz el común. Sólo la purificación del mercurio ¿cuánta inteligencia no requiere? Si añadimos la preparación del tubo, el modo de llenarlo, purgarlo de aire, la escala, el cálculo de rectificación, concluiremos que este instrumento no puede salir de mano de los físicos; jamás puede vulgarizarse y jamás pueden multiplicarse sus observaciones, porque jamás pueden vulgarizarse estos conocimientos. El termómetro es de poco valor, su transporte cómodo, no hay que purificar, no hay que llenar, no hay que purgar de aire, no exige cálculo de rectificación, en fin, no necesita, como el barómetro, otro instrumento auxiliar para obtener resultados precisos.

Se pueden simplificar de tal modo las observaciones del calor del agua, que el más ignorante, el menos versado en materia de física pueda por sí solo hacerlas y calcular las elevaciones. Añadiendo al termómetro una escala que indique las pulgadas del barómetro, es inútil el cálculo de reducción expuesto arriba, y se puede suprimir.”²⁵⁷

Tras realizar su análisis y comprobar su consistencia lógica, Caldas quedó maravillado por el descubrimiento y sus implicaciones. Con su humildad característica, se sintió deslumbrado por la magnitud de lo que había descubierto y se asombró de que él, autodidacta por necesidad, tan limitado de medios, libros, maestros e instrumentos y habitante de un reino tan distante de los núcleos científicos del momento, hubiese sido capaz de llegar a un hallazgo trascendental para las ciencias físicas y naturales.

Mientras plasmaba por escrito su descubrimiento, clarificando el razonamiento que había seguido, y trataba tanto de corroborarlo experimentalmente (realizando múltiples observaciones y mediciones con los medios e instrumentos a su disposición) como de matematizarlo (a partir de sus modestos conocimientos matemáticos y de los libros que podía consultar), Caldas empezó a preguntarse si lo que había hecho constituía un avance científico importante y podía verse como un verdadero descubrimiento o si, por el contrario, tan sólo había repetido un proceso y un análisis ya conocidos por la ciencia europea desde hacía tiempo:

“Aquí habría acabado la lucha con mi escala si hubiera hallado un termómetro que substituir al primero. Las observaciones comenzadas se iban a inutilizar, y he ahí un poderoso motivo que me anima: duplico mis esfuerzos, leo los pocos físicos que tengo y comienzo a meditar con seriedad. Un día, revolviendo en mi espíritu todas las ideas expuestas hasta aquí, quiero volver sobre mis pasos para aclararlas, y tomo un camino inverso. “El calor del agua hirviendo es proporcional a la presión atmosférica; la presión atmosférica es proporcional a la altura sobre el nivel del mar; la presión atmosférica sigue la misma ley que las elevaciones del barómetro, o hablando con propiedad, el barómetro no nos enseña otra cosa que la presión atmosférica: luego el calor del agua nos indica la presión atmosférica del mismo modo que el barómetro; luego puede darnos las elevaciones de los lugares sin necesidad del barómetro y con tanta seguridad como él.” ¿Será este un verdadero descubrimiento? ¿Habré adivinado en el seno de las tinieblas de Popayán un método que estará hallado y perfeccionado

²⁵⁷ Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo. pp.168-169.

por algún sabio europeo? O por el contrario, ¿seré yo el primero a quien se hayan presentado estas ideas? [...] ¡Qué dudas! ¡Qué suerte tan triste la de un americano! Después de muchos trabajos, si llega a encontrar alguna cosa nueva, lo más que puede decir es: no está en mis libros. ¿Podrá algún pueblo de la tierra llegar a ser sabio sin una acelerada comunicación con la culta Europa? ¡Qué tinieblas las que nos cercan!”²⁵⁸

Entusiasmado con la posibilidad de que este principio termométrico para fijar altitudes sobre el nivel del mar fuese algo inédito y conllevara al reconocimiento y a la proyección científicas que anhelaba, Caldas decidió explorar a fondo las implicaciones de su intuición y, para ello, se aplicó con ahínco a sondear los dos únicos referentes a los que podía acceder y que habrían de confirmar o desestimar su descubrimiento: en primer lugar, buscó y analizó a fondo toda la información que pudo hallar en sus libros referente al tema de la hipsometría y estudió los planteamientos y fórmulas que los científicos europeos habían elaborado sobre el tema en cuestión y, en segundo término, decidió realizar (equipado con termómetro y barómetro) tantas observaciones y pruebas de campo como le fuese posible para construir una gran base de datos que le permitiese analizar el fenómeno matemáticamente tratando de dilucidar si, como había intuido, existía una correlación directa entre las tres magnitudes a evaluar: la presión atmosférica, la altitud sobre el nivel del mar y el punto termométrico de ebullición del agua.

Asumiendo una posición plenamente científica, Caldas entendió (más allá de cualquier vanidad personal) que sólo los datos experimentales podrían validar o desvirtuar la hipótesis que había concebido; en todo caso, pensó, las observaciones serían de inmensa utilidad tanto para él como para el acervo científico general pues, de ser cierta la hipótesis, los datos y las mediciones la legitimarían matemáticamente aportando una certeza absoluta y, si la intuición de Caldas estaba equivocada, los muchos y variados datos barométricos y termométricos que recolectase serían de enorme utilidad para todos los naturalistas interesados en la América equinoccial y para la ciencia física en general:

“Sean conocidas o nuevas [estas ideas], yo debo perfeccionarlas –me decía–, debo consultar la experiencia. Si lo primero, tendremos un ejemplo de que una misma verdad se presenta al mismo tiempo a muchos; comparemos los trabajos del europeo con los del hijo de Popayán; veremos los caminos que han seguido, sus resultados, y acaso los unos corregidos por los otros, perfeccionarán esta teoría. Aun cuando haya salido perfecta de las manos del primero, no habría perdido mi trabajo. Mis observaciones en este caso serían hechos que la confirmarían: probarían que es general; que bajo la línea, a pequeñas latitudes, en todas las elevaciones, los resultados son iguales a los de la zona templada, y que no influyen en ella ni la distancia ni el clima. Si lo segundo, ¿no es –decía–, no es una pereza reprehensible abandonar una materia que puede tener resultados importantes?”²⁵⁹

²⁵⁸ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* p.157.

²⁵⁹ *Ibíd.* p.158-159.

Aunque, como se verá más adelante, otros científicos europeos ya habían estudiado con detenimiento el tema de la hipsometría, es muy importante destacar el hecho de que Caldas se encontraba en una posición geográfica privilegiada para adelantar un estudio científico a profundidad del tema hipsométrico: mientras que un científico europeo estaría sometido a un clima estacional sumamente voluble a lo largo del año y, por condiciones geográficas, le sería muy difícil realizar experimentos barométricos y termométricos en alturas superiores a unos mil o dos mil metros sobre el nivel del mar, para Caldas era rutinario ascender por encima de los dos mil y tres mil metros sobre el nivel del mar en zonas de climas benignos con vegetación y fauna abundantes en donde, por hallarse el Nuevo Reino de Granada muy cerca al Ecuador terrestre (y en la zona tórrida del mundo entre los trópicos de Cáncer y Capricornio), no se presentaban estaciones ni cambios extremos de temperatura a lo largo del año a no ser oscilaciones periódicas de lluvia y sequía.²⁶⁰

Dado que la región que recorría Caldas es un territorio característico de los Andes equinocciales, el relieve es muy abrupto y las variaciones de altura pueden llegar a ser abismales en cuestión de unos pocos kilómetros de recorrido: un viajero a lomo de mula puede pasar en el intervalo de una sola jornada de estar a una altitud de nieves perpetuas a territorios muy cálidos ubicados a pocos metros sobre el nivel del mar.²⁶¹ Caldas era un viajero experimentado que conocía a fondo los diversos pisos térmicos de la cordillera por haber recorrido en innumerables ocasiones el espectro completo de variaciones de altitud sobre el nivel del mar y, al realizar observaciones y mediciones permanentes, pudo construir un gran acervo de datos experimentales que le permitieron abordar matemáticamente su hipótesis de que, puesto que la temperatura de ebullición del agua variaba con la presión atmosférica y ésta lo hacía con la altitud, entonces era posible calcular la altura sobre el nivel del mar al medir el grado de temperatura del punto de ebullición del agua en un lugar determinado.

²⁶⁰ Las únicas elevaciones considerables sobre el nivel del mar en el continente europeo se dan en las cadenas montañosas de los Alpes, los Pirineos y los Apeninos; para explorar altitudes superiores a los mil metros sobre el nivel del mar, un científico europeo se tendría que desplazar a esas regiones y recorrer alturas de nieves perpetuas con condiciones climáticas muy exigentes; a su vez, las grandes capitales europeas como París, Roma, Londres y Berlín (en las cuales residían por lo general los científicos europeos más relevantes y en donde se encontraban las academias científicas importantes) se hallan a menos de 50 metros sobre el nivel del mar (Madrid se encuentra a 657 m.s.n.m). En contraste con el entorno europeo, el Nuevo Reino de Granada era un territorio montañoso enclavado en medio de los Andes y la altitud promedio se encontraba por encima de los 1000 m.s.n.m. Las ciudades importantes del Virreinato como Santafé, Tunja, Pasto (y las aldeañas Quito y Cuenca en la Presidencia de Quito) se encontraban todas por encima de los 2500 m.s.n.m. (Popayán se encuentra a 1760 m.s.n.m.).

²⁶¹ Dado que todo el territorio del Nuevo Reino de Granada (actual República de Colombia) se encontraba enclavado en plena zona tropical de la Tierra no se presentaban ni estaciones (sólo temporadas intercaladas de lluvias y de sequía) ni variaciones notorias en la duración del día y de la noche a lo largo de todo el año; la nieve perpetua sólo podía (y puede aún) hallarse por encima de los 4500 metros sobre el nivel del mar. A partir de este punto, al descender, se van sucediendo todos los pisos térmicos que oscilan desde páramos muy fríos y tierras altas (de 2000 metros sobre el nivel del mar para arriba) en donde la temperatura nunca sube más allá de los 15 a 20 grados centígrados, pasando por climas medios de gran biodiversidad (entre 2000 y 1000 metros sobre el nivel del mar aproximadamente) hasta llegar a regiones de muy baja altitud (y por ende muy calientes), por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar donde la temperatura se mantiene por encima de los 30 grados centígrados durante todo el año. Por lo demás, el territorio de la América tropical, escindido en sus múltiples pisos térmicos e innumerables ecosistemas, es uno de los territorios con mayor biodiversidad del planeta.

Dado que el agua contenida en un recipiente puesto sobre un fuego hervía a temperaturas diferentes dependiendo de la altitud a la que tuviera lugar el procedimiento (a mayor altitud sobre el nivel del mar, el agua necesitaba alcanzar una menor temperatura para llegar a su punto de ebullición), la suposición de Caldas era que al conocer el grado de temperatura necesario para que cierta cantidad de agua alcanzase su punto de ebullición en determinado lugar, entonces se podría deducir la altitud del sitio en el cual se realizaba el experimento.²⁶²

Aunque no es posible fijar con seguridad la fecha exacta en la que tuvo lugar la excursión de Caldas y sus amigos al volcán del Puracé durante la cual se produjo el rompimiento accidental del termómetro, todos los indicios apuntan a que tanto el viaje como todo el proceso posterior de descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría tuvieron lugar en los primeros meses de 1801.

Para ese año, Caldas ya llevaba al menos un lustro dedicado a sus estudios científicos y, a fuerza de ingenio y auto instrucción, se había vuelto un experto en realizar observaciones y experimentos en los muchos entornos naturales que conocía y que recorría con frecuencia: observar fenómenos celestes, calcular latitudes y longitudes, hacer mediciones barométricas y termométricas, ajustar y calibrar instrumentos, se había convertido en su quehacer científico cotidiano y en la rutina operativa de sus investigaciones pero, puesto en perspectiva al contemplar tanto su obra científica completa como el derrotero de su vida, el descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría constituyó el momento culminante de su autoaprendizaje científico.

Por lo demás, el descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría pasó en silencio y desapercibido para todo el mundo pues Caldas no publicó nada de inmediato en espera de ilustrarse más investigando sobre qué tanto se sabía del asunto en Europa y consciente de que debía pulir el descubrimiento estructurándolo matemáticamente; aunque luego llegó a publicar cuatro trabajos sobre el tema de la hipsometría (dos de ellos específicamente dedicados a describir su hallazgo), en realidad nunca llegó a terminar de manera satisfactoria su investigación con la formulación de una ecuación universal que describiera con exactitud el fenómeno en términos matemáticos (la fórmula que planteó en un principio resultó válida para un rango de alturas intermedias (como las de Popayán) pero se mostró limitada e imperfecta al querer extenderla a mediciones cercanas al nivel del mar).

²⁶² Esta variación en la temperatura del punto de ebullición del agua puede clarificarse con un ejemplo concreto: a orillas del Mar Caribe (a cero metros sobre el nivel del mar), el agua de un recipiente puesto al fuego llega a su punto de ebullición al alcanzar los 100 grados centígrados; la misma agua en el mismo recipiente puesta al fuego en la ciudad de Santafé de Bogotá (a 2750 metros sobre el nivel del mar) llegará a su punto de ebullición cuando alcance, aproximadamente, una temperatura de entre 90 y 95 grados centígrados. Puesto que el punto de ebullición del agua varía con la presión atmosférica, y ésta depende de la altitud sobre el nivel del mar, se ha establecido que la temperatura del punto de ebullición del agua, en términos generales, se reduce en 1 grado centígrado por cada 300 metros de altitud sobre el nivel del mar. Por tanto, y como ejemplos de referencia: en la cumbre del Mont Blanc (a 4500 m.s.n.m), el agua hierve aproximadamente a 84,4° C; y en la cima del Monte Everest (a 8848 m.s.n.m), el agua hierve a tan sólo 70° C.

5.2 - La génesis y el desarrollo del descubrimiento analizados desde de la correspondencia de Caldas.

La mejor manera de comprender el descubrimiento de Caldas es seguir el curso de su pensamiento a lo largo de los años rastreando sus escritos y publicaciones específicos sobre el tema de la hipsometría para constatar de qué manera se perfilaron y afinaron sus ideas desde su concepción intuitiva hasta su planteamiento matemático final. Comencemos entonces explorando los apartes más significativos de la correspondencia personal de Caldas relativos al tema en cuestión puesto que en ellos es posible vislumbrar - cronológicamente y paso a paso -, todo el proceso mental y personal del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría desde los esbozos iniciales hasta la formulación definitiva de la teoría que luego fue consignada en los textos específicos que Caldas dedicó al tema (aunque luego esta fórmula se mostrara limitada).

La primera mención de mediciones barométricas y termométricas pormenorizadas aparece en su correspondencia personal en 1796 en una misiva que dirigió a su amigo Santiago Arroyo hallándose Caldas de travesía por los caminos del virreinato rumbo a Santafé:

“Justo es que le participe a usted todas las aventuras y trabajos de este viaje.

Salí ya, usted bien lo sabe, el 1° de octubre por la tarde; vine al Bogotá, y el 2 aún no alcancé a La Mesa, por lo mojado del camino, y porque salí tarde de este pueblo; el 3 llegué a La Mesa, en la que, aunque me esperaban ya con mulas, vivía su dueño bien lejos de ésta, y mientras se le avisó, vino, se ajustó, volvió por ellas y me sacó de aquí, gastó nueve o diez días. No los perdí absolutamente, porque monté el barómetro y se mantenía el mercurio a 24 pulgadas 3 líneas, en la mayor altura; la brújula declinaba al número 70, y por mis cálculos la juzgué a 22' al occidente de esa ciudad; ya remitiré una minuta de todo mi tránsito. El 11 salí de La Mesa, vine a Las Juntas, y bajé cuanto podía bajar en mi viaje, y puedo asegurar que en todos los lugares en que he estado durante mi vida, ninguno es tan bajo, pues no ignora la curiosidad que tuve y he tenido de saber la grande profundidad de este lugar con respecto a la explanada de ésa, o la copa de Guadalupe; monté el barómetro, y se mantuvo a 26 pulgadas 3 líneas. El termómetro indicaba 22½ grados, en el mayor calor, y éste se ha observado en todo el valle, que es seguramente igual. Salí de este sitio el 12, pasé el río Bogotá segunda vez, ya con el nombre de Tocaima, bien grande, y dormí de este lado.”²⁶³

Aquí, vale la pena señalar tres hechos importantes: primero, que se evidenciaba ya en Caldas, mientras se dedicaba al comercio itinerante, la manera juiciosa y sistemática en la que iba realizando anotaciones pormenorizadas de las condiciones geográficas de los muchos puntos geográficos y asentamientos que iba recorriendo. Segundo, resulta llamativo que un personaje sin formación académica en ciencias mostrase un talento evidente para realizar mediciones detalladas en instrumentos como la brújula, el termómetro y, sobre todo, el barómetro, pues su uso no era sencillo y exigía por parte del operador del instrumento un conocimiento y una destreza que estaban muy

²⁶³ Carta 9 de Noviembre de 1796 dirigida a Santiago Arroyo. p.41.

por encima de las capacidades de cualquier aficionado. Y, tercero, estas observaciones y mediciones tan pulidas y detalladas resultan aún más meritorias dados los precarios medios de Caldas y las dificultades que tuvo que superar al comienzo de su trayectoria en relación a la adquisición y pérdida de instrumentos; por ejemplo, resulta sorprendente que: *“A partir de octubre de 1796, de regreso a Timaná, realizó varias mediciones barométricas. Sin embargo, ni el mapa de Timaná ni los manuscritos conocidos sobre su preparación incluyen medidas de altitud, sencillamente porque el único barómetro del que disponía se le rompió en El Pital a finales de 1796 y lo reemplazó solo hasta 1801, con el que le regaló Mutis.”*²⁶⁴

Por lo demás, es importante señalar el hecho de que, dados los limitados conocimientos físicos y geográficos que se tenían sobre la América equinoccial en los anales de la ciencia europea de finales del siglo XVIII, estos apuntes y catálogos de datos recopilados por Caldas en sus travesías constituían una fuente documental de inmenso valor científico aunque nadie los conociese y él tampoco estuviese muy consciente de lo relevantes que podían ser en un contexto académico formal.

Cinco años después de la anotación anterior, para marzo de 1801, Caldas continuaba realizando minuciosas mediciones barométricas y termométricas en Popayán y levantando amplios catálogos de datos día tras día; afanoso por complementar sus observaciones con mediciones alternas realizadas en otros lugares, pedía el favor a su amigo y permanente corresponsal Santiago Arroyo que efectuase también minuciosos registros de datos en Santafé para cotejarlos con los suyos y disponer así de una base de datos amplia y confiable sobre la cual realizar posteriores análisis e inferencias:

“Entremos en materia. Usted fue testigo del número crecido de observaciones del termómetro que hice con varios de ellos en mi mansión en ésa;²⁶⁵ tengo tablas numerosas de sus indicaciones, y el resultado es de 13° sobre la congelación en la escala de Mr. De Réamur, en el mayor calor, situado el instrumento en una sala con puertas y ventanas abiertas, y 0° en el mayor frío, a cielo raso, en las mañanas de verano, en que suele caer escarcha. Estos resultados, principalmente el primero, me parecen cortos, comparados con las elevaciones del mercurio en el barómetro y creo que la altura de la casa que habité y la separación de las demás haya contribuido a no darme el verdadero calor de la ciudad. [...] Necesito pues que se solicite usted un termómetro de construcción inglesa y no los enlutados de Cáliz; que haga muchas experiencias en él, antes de nacer el sol por la mañana, dejándole en un pilar a cielo raso; y por la tarde dentro de su sala a las 3, con puertas y ventanas abiertas, con nota de lluvia, verano etc., del tiempo que haga. Así nos aseguraremos del verdadero temple de esa atmósfera. Yo voy a comenzar otra serie fuera de las que tengo, desde el 1° del que entra por el espacio siquiera de un año; ojalá me acompañe usted en ésa, para después compararlas y sacar serias consecuencias. Va cerca de dos años que llevo un diario circunstanciado de todas las variaciones de nuestra atmósfera, sus truenos, lluvias y sequedad; usted puede hacer lo mismo con un poco de cuidado: poner todos los días por la noche una

²⁶⁴ AMAYA. José. SUÁREZ, Iván. *Ojos en el cielo, pies en la Tierra. Mapas, libros e instrumentos en la vida del sabio Caldas*. p.29.

²⁶⁵ Caldas escribe desde Popayán a Santiago Arroyo, que se encuentra en Santafé, y con la expresión *“en mi mansión en ésa”* se refiere Caldas a la casa que él mismo ocupó en Santafé durante su última estancia en la ciudad en el año de 1796 y desde la cual realizó algunas de las observaciones que describe a continuación.

notita del día pasado, si amaneció claro, si fue muy soleado, nublado, seco, lluvioso, truenos, rayos, granizo, escarcha, etc., que no piden mucha atención.”²⁶⁶

Es notorio el hecho de que, tras la misiva anterior de marzo de 1801, el interés de Caldas en las mediciones barométricas y termométricas se convirtió en el principal asunto de las cartas posteriores lo cual sugiere que por aquellos meses que, según las fechas de las cartas cubren el lapso comprendido entre marzo y junio de 1801, Caldas se encontraba de lleno sumergido en observaciones y trabajos relativos a temperaturas y condiciones atmosféricas.

Siguiendo el decurso ordenado de su correspondencia personal, encontramos la carta siguiente - fechada en abril de 1801 -, en la que Caldas - desde Popayán -, volvía a dirigirse a Santiago Arroyo - en Santafé - y le solicitaba con premura un dato bibliográfico relativo a mediciones barométricas indicándole con precisión en donde lo encontraría:

“Yo sigo con tesón en digerir mis observaciones y darles forma de viaje; mil cosas necesito, y sin el apoyo de usted, renunciaré sin duda a mi empresa. Por ahora me limito a encargarle que pase a la Biblioteca, registre con el mayor cuidado la Figura de la Tierra de M. Bouguer, y vea si se imprimió la tabla que compuso este académico de las alturas de las montañas por el barómetro, y sobre el método de hallarlas con una sola observación. Vea usted la página 28 de El Viaje al Marañón, de M. de La Condamine, y también la 22, y allí verá por extenso cuál es la tabla que busco y necesito. Espero del celo y actividad de usted que hará este sacrificio en honor mío y de las ciencias.”²⁶⁷

Esta mención de Caldas del tema de las medidas barométricas en relación a la altura de las montañas resulta muy significativa pues su fecha - comienzos de 1801 - coincide con la expedición al volcán Puracé en la que tuvo lugar la ruptura accidental del termómetro que llevó a Caldas al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría; aunque no se puede afirmar con certeza que la carta sea posterior al accidente, no es descabellado suponer que en el momento de hacer esta petición a su amigo Santiago Arroyo, Caldas estuviera sumergido de lleno en la elaboración de su tesis hipsométrica y necesitase con afán informarse en donde fuera posible sobre qué tanto se sabía sobre

²⁶⁶ Carta 33 de Marzo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.77-9.

²⁶⁷ Carta 34 de Abril 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.80. Caldas hace referencia a **Pierre Bouguer** (1698-1758) quien fue un científico francés que destacó en los campos de la astronomía y las matemáticas. Es conocido como ‘el padre de la arquitectura naval’ gracias a sus trabajos científicos sobre teoría de la navegación y arquitectura naval, entre los cuales destacaron los titulados *Sobre los mástiles de los buques*, *Sobre el mejor método de observación de la altura de las estrellas en el mar*, y *Sobre el mejor método de observación de la variación de la brújula en el mar*. En 1735 tomó parte, junto a Charles-Marie de La Condamine, en la *Misión geodésica francesa* a la Real Audiencia de Quito, con el fin de medir un grado del meridiano cerca del Ecuador terrestre. El trabajo científico de cálculo y medición le ocupó varios años hasta que, en 1749, publicó la relación completa de la expedición y de sus investigaciones bajo el título de *La figure de la terre, déterminée par les observations de Messieurs Bouguer, & de la Condamine, de l' Académie Royale des Sciences, envoyées par ordre du Roy au Pérou, pour observer aux environs de l' Equateur: avec une relation abrégée de ce voyage, qui contient la description du pays dans lequel les opérations ont été faites*.

el tema en Europa y, en consecuencia, qué tan relevante podía resultar el hallazgo en el que Caldas estaría trabajando en ese momento.

Más reveladora aún resulta la carta inmediatamente siguiente (fecha en mayo 5 de 1801) a la anterior (fecha en abril 5 de 1801) pues Caldas no sólo insistía sobre el asunto de la hipsometría sino que se mostraba sorprendido por los resultados de algunas mediciones termométricas que Santiago Arroyo, a pedido de Caldas, había obtenido en Santafé; a continuación, Caldas comentaba sobre la necesidad de calibrar con precisión la escala de temperatura en el termómetro tanto en relación al punto inferior en el punto de congelación del agua (echando mano de un poco de granizo a falta de nieve en Santafé) como en relación al punto superior de ebullición del agua pero decía a Santiago que luego le hablaría sobre este último parámetro pues antes necesitaba hacer algunas indagaciones librescas:

“Me parecen muy fuertes sus resultados del termómetro, y no dudo que es malo y que exige corrección. Allá carecen de la nieve, único modo de asegurarse de la bondad de este instrumento, pero no debe desmayar; he aquí lo que he pensado sobre esto: observe con cuidado sus indicaciones, y espere una de aquellas famosas granizadas que se experimentan en ésa; entonces tome usted gran porción de ella, la muele y cubre bien la bola de su termómetro; dentro de un cuarto de hora habrá tomado el licor todo el frío de que es capaz, y nota si baja a 0–cero; si esto es así, puede estar seguro de que el término inferior de su escala está bueno. Por lo que mira al otro término, le hablaré después, porque necesito revolver mamotretos.”²⁶⁸

En este punto es obvio que ya Caldas estaba de lleno metido en el proceso de su descubrimiento hipsométrico pues resumía para su amigo Santiago Arroyo el proceso artesanal que, como se ha visto, él mismo siguió para arreglar el termómetro averiado en la expedición al volcán Puracé y que describió en detalle en la parte inicial de su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*.²⁶⁹

Por lo demás - y como muestra adicional de las desesperantes dificultades que tenía que superar una y otra vez en sus trabajos -, Caldas en la misma misiva pedía a Santiago Arroyo que consiguiera en Santafé algunos barómetros y se los enviara a Popayán con urgencia pues necesitaba al menos uno de estos instrumentos indispensables para continuar con sus investigaciones y realizar más expediciones y observaciones sobre el terreno:

“El barómetro de Caicedo se rompió desde el año de 97, y estoy privado de este instrumento desde ese tiempo. Los de Jiménez tengo modo de hacerlos inquebrables; las diferencias también se pueden corregir; con que no hay sino comprarlos y mandarlos; vea usted cuántos tiene todavía, y avíseme a ver si por

²⁶⁸ Carta 35 de Mayo 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.84.

²⁶⁹ Véase: *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*. pp.153-156.

junto nos salen más baratos; cuide mucho que estén aquí para principios de julio, en que proyecto expedición."²⁷⁰

Siguiendo el orden cronológico de las cartas, la misiva siguiente (fecha en mayo 20 de 1801, apenas quince días después que la anterior) contiene una anotación fundamental para comprender el proceso del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría pues en ella Caldas manifestaba a Santiago Arroyo la emoción en la que estaba sumido tras haber descubierto la manera de calcular la altitud de los lugares prescindiendo del barómetro pues le bastaba con conocer el grado de temperatura de ebullición del agua en el termómetro. Es claro entonces que para esta fecha - mayo 20 de 1801 -, Caldas ya había logrado conceptualizar a cabalidad su intuición inicial y estaba muy emocionado pensando en los méritos de su descubrimiento y en sus implicaciones futuras. Por otra parte, en esta misma misiva Caldas mencionó por primera vez al Barón Alexander von Humboldt en su correspondencia y, sabiendo que el científico prusiano y su ayudante francés, Aimé Bonpland, se encontraban viajando a través de las tierras del virreinato, le pedía a su amigo Santiago Arroyo la máxima cautela en relación al descubrimiento que le había confiado pues, aunque ignorante aún de la originalidad de su hallazgo, Caldas temía que por algún comentario imprudente o precipitado viniese a quedar a la luz prematuramente un hallazgo científico de su autoría que, de ser inédito, bien podía significarle un reconocimiento y una proyección importantes:

"Estamos en vísperas de un descubrimiento que hará honor a mi país. Este capítulo es reservadísimo, y tanto más, cuanto se acercan Humboldt y Bonpland, capaces de penetrar mis ideas, si no somos cautos. Oiga usted el fruto de mis horas de meditación, y mucho más de operaciones químicas, físicas, geométricas y de las mayores combinaciones de hechos.

*He hallado, amigo querido, el medio de hallar la altura de todos los lugares con sólo el termómetro y con tal grado de precisión, que no difiere de las indicaciones del barómetro ni en media línea, precisión que no me habría osado esperar si el suceso no hubiera confirmado mis ideas. Si las experiencias ulteriores que voy a emprender en varias elevaciones de la cordillera vecina a esta ciudad, me salen tan felices como las hechas hasta aquí, si salen lo mismo las que usted tiene que practicar en ésa, puedo asegurar a usted que aun cuando no se inutilice el barómetro, perderá seguramente la mitad de su mérito para los viajeros. No puedo en los estrechos límites de una carta manifestar mis ideas, y he resuelto formar una memoria con el fin de remitirla a usted en el venidero correo, para que entrando en mis ideas me ayude a obrar, que partiremos la gloria."*²⁷¹

Para concluir su importante carta, Caldas daba a Santiago Arroyo instrucciones muy precisas sobre experimentos relativos al punto de ebullición del agua que éste debía realizar en Santafé para confirmar, en otro entorno físico diferente a Popayán, las suposiciones hipsométricas de Caldas; las

²⁷⁰ Carta 35 de Mayo 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.84.

²⁷¹ Carta 36 de Mayo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.86-87.

observaciones que Arroyo pudiera efectuar se sumarían a los datos experimentales ya obtenidos en Popayán y sus alrededores y serían la base estadística sobre la que Caldas seguiría construyendo el andamiaje matemático de su planteamiento hipsométrico:

“Ahora sólo digo a usted que se procure recoger una buena cantidad de agua de lluvia en vasijas limpias y con el auxilio de doña Manuela (a quien ocultará usted su designio y miras);²⁷² destilar con cuidado un frasco regular del agua más pura que le sea a usted posible; cuide usted de echar en el matraz que ha de servir a la destilación seis tantos a ocho de la que pueda contener el frasco; éste debe taparse con tapa de vidrio y no de corcho, cera, etc. Prevenga usted esto, y en el siguiente entrará usted a trabajar conmigo en esta importante materia.”²⁷³

Apenas quince días después de enviada la carta anterior (fecha el 20 de mayo de 1801), Caldas remitió otra misiva a Arroyo (el 5 de junio de 1801) en la que comentaba en detalle el razonamiento que había hecho sobre el principio termométrico de la hipsometría y lo hacía partícipe de su descubrimiento, esperanzado, como se ha visto, de que se tratase de un avance inédito en los campos de la física y la topografía.

Vale la pena repasar las palabras de Caldas y seguir su proceso reflexivo con detenimiento:

“Supongo habrá tenido usted paciencia de recoger agua llovediza, y que se haya resuelto a destilarla: supongo también que ha logrado granizo, y que está ya señalado en su termómetro el término de la congelación; pues el otro extremo de la escala no le puede dar el agua hirviendo en Santafé, porque éste varía conforme se sube de la superficie del mar, y en Santafé debe quedar muy bajo el término de la ebullición del agua. [...]

Lo que quiero que usted me haga con el agua destilada, es que la ponga a hervir en vasija abierta y no tapada, que luego que esté hirviendo a borbotón, sumerja un buen termómetro y note el grado en que se fija a una hora que señalará en la observación; esto me basta para determinar la elevación del suelo en Santafé con toda la precisión posible, y esto es a lo que yo llamo descubrimiento. Óigame usted, y quedará convencido:

²⁷² Caldas hace referencia a la culta e influyente dama santafereña Doña Manuela Sanz de Santamaría quien jugaba un importante papel como patrocinadora de tertulias y reuniones culturales en la ciudad de Santafé (véase nota al pie número 150).

²⁷³ Carta 36 de Mayo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.87. Esta nueva mención al astrónomo y matemático francés Pierre Bouguer se refiere a que Caldas ha calibrado y probado su barómetro artesanalmente reparado a la altitud de Popayán y el mercurio dentro del tubo de vidrio del instrumento ha alcanzado una altura de aproximadamente 22 pulgadas y 10 líneas (unos 57,4 centímetros) y ese dato concuerda con mediciones hechas por el científico francés sobre los Andes para altitudes aproximadas de 2300 metros sobre el nivel del mar; no obstante, para que la observación no resulte un tanto confusa para el lector moderno (puesto que Popayán se haya a una altura promedio de 1760 m.s.n.m.) hay que tener en cuenta también el hecho de que la presión atmosférica está ligada no sólo a la altitud sobre el nivel del mar sino que también varía dependiendo del tiempo atmosférico que hace en el momento de la medición.

Sabemos que el agua no puede hervir sin levantar la columna de aire que grava sobre su superficie, y es tan cierto esto, que en Europa no cierran los termómetros mientras el mercurio en el barómetro no esté en las 28 pulgadas, pues una pulgada de este instrumento hace variar el calor del agua cerca de 2 grados en el termómetro; luego (atienda usted estas consecuencias), el calor del agua hirviendo sigue las leyes de la gravedad del aire; luego es siempre proporcional a su peso; luego a proporción que se eleve sobre el mar debe disminuir el calor del agua, y esto en razón al peso del aire. En suma, el calor del agua destilada cuando hierve, sigue las leyes de la gravedad del aire, lo mismo que la columna del mercurio en el barómetro. Si a esto añade usted que el agua, en cualquiera elevación que sea, esté con las mezclas que estuviere, una vez hirviendo no se calienta más; que el agua llovediza da el mismo grado de calor que la destilada, y en fin, que una atmósfera no varía en su peso más que 1 ½ línea del barómetro, hallará usted que no se puede desear cosa más exacta y cómoda en este género. Esta es mi teoría, y ésta es la que me ha resuelto a trabajar hasta confirmarla con un número grande de experiencias. Vea usted ahora los primeros ensayos de mis observaciones.

Un buen termómetro en agua llovediza hirviendo se suspende en Popayán a los 75°8' de la escala de Réaumur, determinado por un gran número de experiencias, y el cálculo, que sería largo y fastidioso intentarlo aquí, me da 22 p. 10 ¾ l., de altura en el mercurio del barómetro, y ya sabe usted que Mr. Bouguer dice, y yo lo he observado mil veces, que éste se sostiene a 22 p. 10¾ l.; ya ve usted que sólo difiere en ¾ de línea, precisión que no me habría osado esperar si la experiencia no me lo estuviera enseñando.²⁷⁴ Con esto ¿no son ya en una buena parte inútiles los barómetros, y a un viajero no le será ya un peso incómodo? Cuanto más fácil y cómodo es transportar un termómetro respecto de un barómetro, tanto le hace ventajas mi método al antiguo. ¿No es cosa asombrosa que una idea tan clara, tan sencilla, tan segura, no se haya presentado todavía a los físicos europeos? [...] Si esta idea, a mi parecer nueva, nos puede atraer algún honor a los del mundo americano, no quiero que ceda en honor de los europeos,²⁷⁵ sino en el de nuestros paisanos; quiero que reserve usted hasta la sombra de esta teoría, y que madurada que sea, la presentemos en El Correo Curioso."²⁷⁶

De esta manera, Caldas compartió con Arroyo el proceso inductivo que había seguido desde la ruptura accidental del termómetro en el volcán Puracé hasta el momento en que llegó a concluir – acertadamente – que es posible calcular altitudes sobre el nivel del mar empleando tan sólo un

²⁷⁴ Tanto en esta como en la cifra anterior, Caldas hace la anotación de 22 Pulgadas y 10 ¾ Líneas copiando el dato obtenido en la escala de medición del barómetro que - como era usual en aquel tiempo - estaba calibrado y diagramado en unidades pertenecientes al sistema imperial británico; esa medida, en sistema métrico decimal, corresponde a unos 57,4 centímetros.

²⁷⁵ Clara alusión al barón Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland que ya se encontraban en tierras del Nuevo Reino de Granada desde el 30 de marzo de 1801 (habían llegado a Cartagena provenientes de Cuba); por aquellas fechas en las que Caldas escribe sus cartas a Santiago Arroyo, entre mayo y junio de 1801, Humboldt y Bonpland estaban remontando el Río Grande de la Magdalena (entre el 21 de abril y el 15 de julio de 1801) con rumbo a Santafé en donde fueron hospedados por José Celestino Mutis. Dado que el entorno culto santafereño era muy reducido, Caldas temía que cualquier indiscreción sobre sus investigaciones hipsométricas por parte de su amigo y corresponsal Santiago Arroyo pudiese filtrarse hasta Mutis y, a través de éste, pasar a conocimiento de Humboldt que, dadas su fama y sus recursos, bien podría apropiarse del tema, desarrollarlo y darlo a conocer en Europa y opacar así la autoría original de Caldas.

²⁷⁶ Carta 37 de Junio 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.89-91.

termómetro (observando el grado de temperatura en el que el agua contenida en un recipiente puesto al fuego alcance su punto de ebullición en el lugar cuya altitud se desea conocer).

Como conclusión de esta importante misiva, Caldas comentaba que, de tratarse de un descubrimiento real en el campo de la física, el asunto de la hipsometría debía tratarse con mucha discreción para que el mérito del hallazgo no fuese a quedar en manos de científicos europeos sino que fuese debidamente autenticado y publicado como un descubrimiento concebido por criollos neogranadinos; por ello, pensaba Caldas, el hallazgo debía darse a conocer, llegado el momento, en el recién fundado periódico santafereño titulado *Correo Curioso, Erudito, Económico y Mercantil de la ciudad de Santafé de Bogotá* que, como se ha mencionado, era dirigido por Jorge Tadeo Lozano quien pertenecía a la élite ilustrada del reino y era miembro destacado de la Real Expedición Botánica

Y aunque todo el asunto presentaba buenos augurios, Caldas mantuvo un alto grado de escepticismo y de frustración pues estaba muy consciente de su aislamiento geográfico y cultural y sabía que, a pesar de su dedicación al estudio y de sus deseos de aprender, se encontraba muy lejos de ser un experto en el tema de las nivelaciones barométricas en relación a la temperatura del agua hirviendo; así, Caldas no dudaba en reconocer su ignorancia sobre qué tanto se conocería del tema en el entorno europeo y sospechaba que 'su descubrimiento' bien podía ser un asunto ya conocido y superado desde hacía mucho tiempo:

“La noticia que usted me comunica de que el Barón de Humboldt sumerge en el agua hirviendo el termómetro, y rectifica con él la altura del barómetro, me hace pensar con fundamento que le es conocida la ley de las elevaciones del licor del termómetro en el agua, y que sabe aplicarla al cálculo de las elevaciones de los lugares. ¡Qué cierto es que nosotros vamos dos siglos atrás de la Europa! Cuando se nos presenta una idea feliz, que no la hemos visto en los pocos y viejos libros que llegan a nuestras manos, nos parece que hacemos algo nuevo, y ya hace doscientos años que se puso en práctica entre las naciones cultas. ¿Ya ve usted lo necesario que es en nuestras circunstancias actuales ser casi pirrónicos en nuestros descubrimientos?”²⁷⁷

Llegados a este punto, y a manera de recapitulación, baste entonces destacar el hecho de que este descubrimiento que Caldas señala de “un método para medir las montañas por medio del calor del agua hirviendo” bien puede ser considerado su mayor logro científico y es quizá el mejor ejemplo de su genio analítico e inductivo. A su vez, es importante señalar que, aparte de los textos específicos que Caldas dedicó al tema de la hipsometría (que serán abordados en el capítulo 7), es posible rastrear íntegramente el proceso de descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría (desde sus incipientes comienzos hasta su primera formulación formal) consultando las cuatro cartas consecutivas que sobre el tema puntual de las medidas y calibraciones termométricas y barométricas (y su relación con la hipsometría) Caldas dirigió, desde Popayán, a su amigo y confidente Santiago Arroyo, en Santafé, fechadas el 20 de marzo, el 5 de abril, el 5 de mayo, el 20 de mayo y el 5 de junio

²⁷⁷ Carta 45 de Octubre 6 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.121.

de 1801.²⁷⁸ Con posterioridad a estas fechas, varias otras cartas incluyen comentarios relevantes en relación a la evolución de las ideas hipsométricas de Caldas y serán citadas y comentadas en los capítulos siguientes, en especial, aquellas correspondientes a los primeros meses de 1802 cuando Caldas tuvo la oportunidad de conocer y compartir con Humboldt y Bonpland en Quito y pudieron intercambiar ideas sobre el tema de las nivelaciones barométricas y su relación tanto con mediciones termométricas del agua hirviente como con la toma de altitudes sobre el nivel del mar.²⁷⁹

Antes de entrar a analizar a fondo – en la tercera parte de esta investigación – los cuatro textos específicos que Caldas dedicó, entre 1801 y 1809, al tema de la hipsometría y a examinar en detalle el andamiaje matemático con el que configuró su descubrimiento del principio termométrico, es importante reseñar el período que siguió al hallazgo pues en los quince años finales de su vida, entre 1801 y 1816, Caldas logró consagrarse como hombre de ciencia y llegó a ser, por sobrados méritos, uno de los personajes más relevantes de la élite ilustrada del reino antes de que los avatares políticos lo abocaran a un prematuro y trágico final.

Y, en el plano científico, esos años finales fueron los más fructíferos y felices pues estuvieron llenos de trabajos y logros: la relación y el aprendizaje con Humboldt y Bonpland, el descubrimiento de la fitogeografía, la colaboración con Mutis y la vinculación a la Expedición Botánica, la dirección del Observatorio Astronómico de Santafé, el trabajo como escritor político y divulgador científico, su faceta como ingeniero militar y, finalmente, en relación a la hipsometría, la publicación de los valiosos escritos que dedicó al tema y en el último de los cuales realizó un tránsito epistemológico importante (que tendría grandes implicaciones) al emplear por primera vez el sistema métrico decimal en el entorno intelectual del Nuevo Reino de Granada.

²⁷⁸ Véanse, respectivamente, las cartas 33, 34, 35, 36 y 37 de la edición citada de *Cartas de Caldas ilustradas* entre las páginas 75 y 91 (estas son las cartas que corresponden a las fechas mencionadas y sus extractos más relevantes en relación al tema de la hipsometría son los que se han citado a lo largo de este capítulo).

²⁷⁹ Como se verá en el capítulo correspondiente cuando se exponga y analice la relación y el intercambio de ideas entre Caldas y Humboldt, la interacción entre ambos resultó muy fructífera pero también traumática y frustrante para Caldas y no es claro ni qué tanto sabía y pudo ayudar Humboldt a Caldas en relación al tema puntual de la hipsometría ni tampoco si hubo ciertas reticencias o reservas por parte del Barón en cuanto a ayudar e ilustrar a Caldas informándole con precisión sobre qué tanto se sabía y se había avanzado sobre el tema en Europa. Al respecto, véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. “Caldas y la matematización de la naturaleza. La querrela con Humboldt sobre el hipsómetro.” En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. pp.145-166.

Capítulo 6.

Los años posteriores al descubrimiento: 1801-1816.

La consagración de Caldas como hombre de ciencia.

“Era Caldas de estatura regular y complexión robusta; su color moreno, el rostro redondo, la frente espaciosa, los ojos negros algo melancólicos, el pelo negro y lacio, el cuello corto, su andar desembarazado, pero lento y contemplativo. Vestía de ordinario una levita o sobretodo de paño oscuro, que abrochaba y desabrochaba sin cesar cambiando de solapa, de manera que duraban muy poco los botones; y no dejaba de la mano un bastoncito flexible, ni de la boca un pedacito de tabaco fino torcido. Era aseado, pero no pulcro en el traje; de modales suaves, trato afable y conversación amena.

Su carácter franco, su índole pacífica. Ni las riquezas, ni ambición de ninguna especie tenían para él atractivo; y fuera de la pasión por sus favoritos estudios, no ejercía imperio sobre él otra alguna. Era católico creyente, y de las más puras costumbres. Era un filósofo, en la genuina acepción de esta palabra.”

Francisco José de Caldas. Biografía del sabio. VII. Lino de Pombo.²⁸⁰

El período comprendido entre 1801 y 1810 constituyó el momento más intenso y gratificante de la vida de Caldas en relación a su dedicación a las ciencias físicas y naturales. Durante estos nueve años - entre los treinta y tres y cuarenta y dos años en el cómputo de su edad - Caldas pasó de ser un aficionado a las lecturas y los experimentos científicos a un hombre de ciencia reconocido en el ambiente cultural y académico del virreinato; igualmente, pasó de ejercer la profesión de mercader itinerante a ocupar relevantes cargos en Santafé como miembro de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada bajo el patronazgo de José Celestino Mutis.

Los años posteriores, de 1810 a 1816, representaron un tiempo de anarquía generalizada en el reino en razón del proceso independentista de la Corona Española; para Caldas, fue también un momento complejo en el que se vio inmerso en las luchas políticas y militares que fraccionaron la recién creada república independiente y que lo alejaron del trabajo científico por ocupaciones militares y políticas que le valieron el ser condenado a muerte cuando se produjo el proceso de la reconquista a manos del ejército realista que sofocó a sangre y fuego el movimiento independentista.

Si se desea comprender en perspectiva tanto la figura como la obra de Francisco José de Caldas, es importante seguir el hilo narrativo de su existencia para obtener una visión panorámica en la que sea posible ubicar sus inquietudes y trabajos y entender a cabalidad la génesis, el desarrollo y la culminación de sus logros y proyectos. Proseguiremos el relato de la vida de Caldas entre los años de 1801 a 1816 con el ánimo de contextualizar su trayectoria vital y comprender el proceso de maduración que siguió su descubrimiento en solitario del principio termométrico de la hipsometría; igualmente, el repasar en detalle la vida de Caldas nos permitirá comprender la coyuntura biográfica

²⁸⁰ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. VII. pp.47-48.

e ideológica en la que fueron redactados los cuatro textos específicos dedicados a la hipsometría cuyo análisis matemático se hará en el siguiente capítulo.

Retomando el hilo de la narración, para los primeros meses de 1801 Caldas se encontraba entusiasmado con su descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría e ilusionado con la posibilidad de que tal hallazgo le significase el reconocimiento académico y científico que tanto anhelaba. Cuidadoso y meticoloso en extremo, su correspondencia personal (profusamente citada en el capítulo anterior) evidencia que el lapso comprendido entre marzo y junio de 1801 lo invirtió en la realización de múltiples observaciones y análisis tratando de corroborar con la mayor precisión posible su intuición inicial sobre la posibilidad de obtener la altitud sobre el nivel del mar de cualquier punto geográfico prescindiendo del barómetro y acudiendo tan sólo al termómetro al constatar el grado de temperatura del punto de ebullición del agua en el sitio indicado:

No satisfecho con realizar múltiples observaciones en el entorno montañoso de Popayán para corroborar sus formulaciones matemáticas iniciales, Caldas - como se ha visto en el capítulo anterior - escribió a Santiago Arroyo - entre el 20 de marzo y el 5 de junio de 1801 - dándole instrucciones para que él también realizase observaciones con termómetro y agua hirviendo en la latitud y altitud de Santafé y le remitiese los datos obtenidos para poder evaluar si los resultados se ajustaban a lo esperado y confirmaban sus planteamientos hipsométricos.

En aquellos años iniciales de 1801 - y tras haber avanzado tanto en la concepción y el planteamiento matemático de su descubrimiento hipsométrico - Caldas se preguntaba, desde su aislamiento cultural y geográfico, sobre qué tanto se sabría en Europa sobre el tema en cuestión: si el asunto ya era conocido y había sido descubierto desde hacía años, a Caldas tan sólo le cabría el mérito de haber descubierto, de manera completamente autodidacta y sin ayuda de nadie, un principio físico elegante y sutil; si, por el contrario, el descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría era desconocido, entonces bien podía significar su proyección como científico más allá de las estrechas fronteras ideológicas del reino y su entrada triunfal en los anales de la ciencia.

En estos asuntos se hallaba Caldas durante el primer semestre de 1801 cuando, entre julio y diciembre, empezaron a sucederse una serie de eventos que resultaron definitivos para el curso posterior de su vida e implicaron también su consagración como hombre de ciencia:

En primer lugar, entre el 21 de julio y el 4 de agosto, apareció publicado su primer trabajo científico titulado *Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe* en el periódico *Correo curioso, erudito, económico y mercantil de Santafé de Bogotá*;²⁸¹ esta primera publicación significó para Caldas una gran satisfacción personal pues, por primera vez, pudo ofrecer a la opinión pública - y en especial a la selecta comunidad ilustrada del reino - un testimonio de sus trabajos científicos dándose a conocer como un estudioso de las ciencias físicas y naturales.

²⁸¹ Publicado en: CALDAS, Francisco José. *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'*. En: *Obras completas*. pp.365-374.

En segundo término - el 5 de Agosto -, al responder una carta recibida desde Santafé días antes, dio comienzo a su correspondencia y relación personal con Mutis quien, como director de la Real Expedición Botánica, descollaba como la mayor y más prestante autoridad científica del reino.

En tercer lugar, la suerte que antes había sido adversa a Caldas en varios episodios de su vida se mostró propicia dándole la oportunidad – gracias a la intermediación de Mutis - de conocer al Barón Humboldt y a Bonpland con quienes, entre el 31 de diciembre de 1801 y el mes de junio de 1802, pudo compartir tiempo, travesías e investigaciones que le resultaron sumamente gratas y enriquecedoras.

A la par que se sucedían estos importantes acontecimientos que tan determinantes resultaron para el curso posterior de la vida de Caldas y para la consolidación de su trayectoria científica, otros eventos de índole familiar lo obligaron a salir de Popayán con destino a Quito pues allí lo requirieron asuntos legales que exigían sus conocimientos de jurisprudencia y su intervención como abogado.

Mientras, a mediados de 1801, alistaba sus equipajes para partir y se aprestaba a retomar su profesión de abogado con miras a encarar el proceso legal que sobre asuntos de propiedades adelantaba su familia en la jurisdicción de la Provincia de Quito, las ideas de Caldas se decantaban hacia cuestiones científicas pues veía en el viaje la posibilidad de recorrer parajes fascinantes y de sumo interés para sus múltiples intereses investigativos; entusiasmado con las nuevas perspectivas, antes de marchar escribió en su primera carta a su recién hallado mentor Mutis:

“Cuando pensaba dedicarme con más ardor al conocimiento de las plantas en medio de la paz de mi familia, un pleito temerario, ganado por mí en esta ciudad, me llama a Quito; y he aquí renacida mi pasión por la astronomía. Este país visitado por los héroes de esta ciencia, que han determinado la elevación y posición de estos lugares y que han dejado los monumentos más preciosos.²⁸² Estos me arrastraban con más violencia que el oro y todas las riquezas: este país es un libro abierto en que puede estudiar un aficionado a las matemáticas. Es verdad que la botánica puede cultivarse en este viaje, y estoy resuelto a consagrarme a ella. Yo no correspondería a usted sus finezas si no le diese una razón circunstanciada de mis operaciones en los géneros que puedo hacer algo. ¡Dichoso si merezco la acogida de usted y mil veces más dichoso si usted se digna corregir mis defectos! De este modo podré hacer algo de provecho en lo sucesivo, me instruiré y tendré el honor de contarme entre el número de los discípulos de usted.

Mi partida para Quito es el 10 de agosto, y no me ha sido posible esperar en ésta [en Popayán] al Barón de Humboldt; en Quito tendré la satisfacción de conocerlo y de aprender algo.”²⁸³

²⁸² Referencia a la *Misión geodésica francesa* que tuvo lugar entre 1735 y 1744 en los territorios de la Real Audiencia de Quito y que fue dirigida por el científico francés Charles-Marie de La Condamine y en la que también participaron, entre otros, el astrónomo francés Pierre Bouguer y los científicos españoles Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa y de la Torre-Giralt; la expresión ‘los monumentos más preciosos’ es una referencia a las pirámides de Caraburo y Oyambaro que fueron levantadas en 1736 en las cercanías de la ciudad de Quito (al noroeste de la ciudad) por los científicos de esta expedición como puntos geodésicos de referencia y recordatorios de la expedición.

²⁸³ *Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis.* p.116.

En la misma coyuntura, y con mucha más confianza, antes de partir de Popayán con rumbo a Quito, Caldas escribió a Santiago Arroyo en Santafé contándole en detalle todos los muchos intereses que tenía en mente y sobre los cuales pensaba trabajar tanto en su travesía como durante su permanencia en la Provincia de Quito:

“Espero me tome en esa botica unas cuatro onzas de sal de tártaro, que acondicionadas en un frasquito, vendrán, que son necesarias para nuestro viaje: oiga usted algo de nuestros proyectos y de nuestras miras. Estos son muy vastos:

La geografía, la astronomía, la botánica, zoología, ornitología, mineralogía, química, meteoros, agricultura, arquitectura, pintura, música, escultura, grabado, artes, comercio, política, rentas, estudios, elocuencia, lengua, medicina, educación, carácter, usos, vestido, casas, muebles, milicia, tribunales, monumentos antiguos, todo cuanto quepa en nuestros cortos conocimientos, todo cuanto se ofrezca a nuestros ojos, va a observarse; volúmenes inmensos verá usted dentro de pocos años, porque es necesario digerir el inmenso material que preparamos y que acopiaremos en nuestro viaje. ¡Ah, si pudiera ser usted uno de los viajeros al Ecuador! Voy, mi amigo, a ver uno de los países más célebres del Reino; estos lugares honrados con la presencia de los mejores astrónomos del siglo XVIII, de los héroes de la astronomía. No puedo expresar todo lo que siento, y es necesario que usted supla lo que yo no pueda decir. Mis cartas serán un compendio, un resumen de nuestras operaciones, que usted sólo merecerá ver anticipadamente; no puedo reservar nada al mejor de mis amigos.”²⁸⁴

No obstante el afán enciclopédico de Caldas y su gran capacidad de trabajo, era claro que tal cantidad de intereses resultaba inabarcable y desbordaba completamente las posibilidades reales de cualquier académico. Quince días después de la misiva anterior, Caldas volvió a escribir a Arroyo en un tono más comedido y confidencial y de nuevo mencionaba el que, a todas luces, constituía su interés científico principal en aquel momento: su recién hallado descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría. Caldas veía el viaje a Quito como la gran oportunidad de explorar una gran diversidad de entornos de variadas características geográficas (y a múltiples altitudes sobre el nivel del mar) en cercanías a la línea del Ecuador en los cuales realizaría observaciones y mediciones con la confianza de que los datos obtenidos confirmarían la certeza de su teoría y la exactitud de las formulaciones matemáticas que la sustentaban; por último, Caldas volvía a pedir a su amigo la máxima discreción mientras daba los últimos retoques experimentales y matemáticos a su teoría y acometía la redacción de una *memoria* que habría de ser el testimonio de su descubrimiento y, si se trataba de un hallazgo inédito, su obra de consagración como hombre de ciencia ilustrado:

“Nuestro viaje a Quito puede detenerse algunos días más, porque don José Hurtado, uno de nuestros compañeros, está malo, y no saldremos de aquí hasta bien avanzado agosto. Ya dije a usted algo sobre mis miras, y ahora hablaremos solamente de las que tengo sobre la comprobación, por un número

²⁸⁴ Carta 38 de Junio 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.94.

crecido de experiencias, de la teoría para hacer servir el termómetro en la determinación de las alturas de los lugares. En el tránsito de Popayán a Quito hay una variedad increíble de niveles diferentes; y de Quito a la cima del Pichincha, ¿cuántos puede haber desde el término de la congelación hasta casi el nivel del mar? Si estas observaciones se hicieran con buenos tubos cerrados herméticamente, con la práctica que en estos años he adquirido del uso del barómetro, con buenos termómetros, ¿qué memoria tan bella no podría remitir a usted desde Quito? Quizá este hecho sólo bastaría; este descubrimiento, permítame usted nombrarlo así, nos haría conocer de la Europa, haría nacer ideas nuevas a los sabios, y produciría un género nuevo de termómetros y una escala absolutamente diferente de la que usamos hoy. Por lo que a mí toca, soy de parecer que sería mejor un termómetro cuya bola fuese de una pulgada y un tubo doblemente más largo que los comunes; la caja con charnela, y la escala de otra división que tengo entre manos. Ya daré a usted parte de mis ideas por mayor, a medida que las digiera, como también de la máquina portátil para hacer hervir el agua con facilidad en cualquier lugar. Todo hará mi memoria; usted debe ayudarme y debe ocultar de cuantos modos le sea posible nuestras ideas, y sobre todo, nuestra teoría.”²⁸⁵



Casas a la entrada de Popayán.²⁸⁶

Terminados los preparativos de viaje, Caldas salió de Popayán con rumbo a Quito el 11 de agosto de 1801 y, aunque no lo sabía ni presupuestaba en aquel momento, su permanencia allí se prolongó durante casi cuatro años pues regresó a su ciudad natal en mayo 19 de 1805. Más allá de las

²⁸⁵ Carta 39 de Julio 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.97.

²⁸⁶ Dibujo realizado por el ilustrador francés Édouard Riou (1833-1900). Imagen tomada de: ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia*. p.163.

motivaciones iniciales relativas a asuntos familiares, el viaje se transformó, desde sus inicios en agosto de 1801, en una larga temporada muy fructífera de investigaciones, trabajos y exploraciones.²⁸⁷

El Caldas que partía ahora de Popayán, a sus treinta y dos años, se había transformado, a fuerza de tesón y de trabajo personales, en un hombre de ciencia que, tras una primera publicación científica, empezaba a obtener cierto reconocimiento dentro de los círculos ilustrados del reino; además, como reconocimiento a sus trabajos, el mismo Mutis le había escrito con el ánimo de apadrinarlo y alentarle en sus empresas científicas y, para completar los buenos augurios, estaba abierta la posibilidad de un próximo encuentro con Humboldt quien era, a todas luces, uno de los científicos europeos más famosos del momento y uno de los grandes representantes del pensamiento ilustrado. Y, al partir, Caldas llevaba consigo el secreto de su descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría que, si la suerte le seguía siendo propicia, bien podría significarle fama y reconocimiento y asegurar su futuro como académico y científico:

“Santafé, el Reino entero, va a conocerme. Mutis, el sabio Mutis, me estima, me ofrece su contestación y sus auxilios; todos bienes adquiridos por mano de usted, y que por sí solos bastan para asegurarme un establecimiento ventajoso y para hacerme feliz. Si este caso llega, mi fortuna mejora, y llego a ser algo, todo se debe a usted, y usted será el árbitro supremo de todo. Usted dispondrá de Caldas y de su fortuna.”²⁸⁸

6.1 – Residencia en Quito I. Francisco José de Caldas y Alexander von Humboldt. 1802.

Partió entonces Francisco José de Caldas de Popayán en agosto de 1801 con rumbo a Quito – jornada de 581 kilómetros - a ocuparse como abogado de asuntos familiares relativos a propiedades pero, como era usanza en él, en verdad sus pensamientos y proyectos apuntaban a cuestiones científicas: planeaba, como había escrito a Santiago Arroyo, observarlo y anotarlo todo y seguir profundizando, principalmente, en sus trabajos y estudios relativos a la geografía, la astronomía, la botánica, la meteorología y por supuesto, la hipsometría que había sido el epicentro de sus investigaciones y desvelos en los últimos meses.

²⁸⁷ “El año de 1801 es muy importante en la vida de Caldas. Su primer artículo científico, donde describe la medición barométrica efectuada en 1796 en el Cerro de Guadalupe, es publicado en el periódico *Correo curioso de Santafé*, lo cual le abrió las puertas de la comunidad ilustrada de la Nueva Granada y lo animó a ordenar sus trabajos en forma de una *Relación de Viaje*. Comienza su correspondencia con el director de la Expedición Botánica, el sacerdote y médico gaditano José Celestino Mutis, quien se muestra interesado en su trabajo y le obsequia la *Filosofía Botánica* y el *Sistema Naturae de Linneo*. Inicia en agosto un viaje hacia la Provincia de Quito para defender los intereses familiares en un pleito ante la Audiencia, viaje que a la larga se transformaría en una fructífera expedición científica que se extendería por cuatro años. Durante el trayecto hacia Quito, realiza cálculos a diferentes altitudes en las inmediaciones de Popayán, que lo llevan a comprobar las limitaciones que aún tenían sus estudios sobre la hipsometría.” SUÁREZ, Iván. *Francisco José de Caldas y Thenorio (1768-1816) Biografía*. p.20.

²⁸⁸ *Carta 39 de Julio 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo*. p.96. Con estas palabras, Caldas agradecía efusivamente a Santiago Arroyo - que para la época residía en Santafé - el que con sus buenos oficios y referencias se hubiese logrado tanto la publicación del primer artículo científico de Caldas en el *Correo curioso* de Santafé como el hecho de que su nombre hubiese llegado, con excelentes referencias, a oídos del sabio Mutis.

Y, como se ha dicho, había tres circunstancias que lo llenaban de satisfacción y le hacían soñar con un futuro promisorio: en primer lugar, y apenas una semana antes de dejar Popayán, había respondido con profusión de muestras de admiración y devoción a la primera misiva enviada por Mutis desde Santafé; en segundo término, tenía la esperanza de que durante el viaje lograría finiquitar el andamiaje matemático de su recién descubierto principio termométrico de la hipsometría; y, por último, llevaba meses recibiendo noticias y siguiendo con detenimiento la travesía que por tierras del Nuevo Reino de Granada adelantaban Humboldt y Bonpland y, gracias a las buenas referencias que Mutis y otros les habían dado sobre Caldas, se estaba fraguando una posible reunión e incluso una colaboración con el naturalista prusiano.

Caldas estaba muy consciente de que el gesto de Mutis de establecer, por iniciativa propia, correspondencia con él significaba un honor y un privilegio y estaba completamente dispuesto a cimentar una sólida relación de padrinazgo y colaboración pues, si el asunto marchaba bien, Caldas sabía que podía ser agregado como colaborador y miembro a la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada cumpliendo su sueño de poder dedicarse a las ciencias y asegurando, por lo demás, un salario estable. El hecho de que Mutis lo hubiese contactado y se ofreciese a apoyarlo en sus intereses científicos demostraba claramente que se había fijado en Caldas y había visto en él potencial como ayudante científico e investigador; este vínculo con el científico más eminente del reino - que había llegado sorpresivamente para Caldas - bien podía ser la semilla de su éxito futuro y su puerta de entrada al entorno intelectual santafereño.

En lo relativo al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría, el viaje a Quito no significaba ni una interrupción ni un distanciamiento de sus trabajos sino, al contrario, era la oportunidad ideal para afinar el andamiaje matemático de la teoría realizando múltiples observaciones en un entorno andino ubicado sobre la misma línea del Ecuador y caracterizado por su abrupto relieve y sus drásticos cambios de altura; en pocas palabras, los Andes ecuatoriales eran el mejor lugar del mundo para que Caldas puliese sus formulaciones y comprobase su teoría.

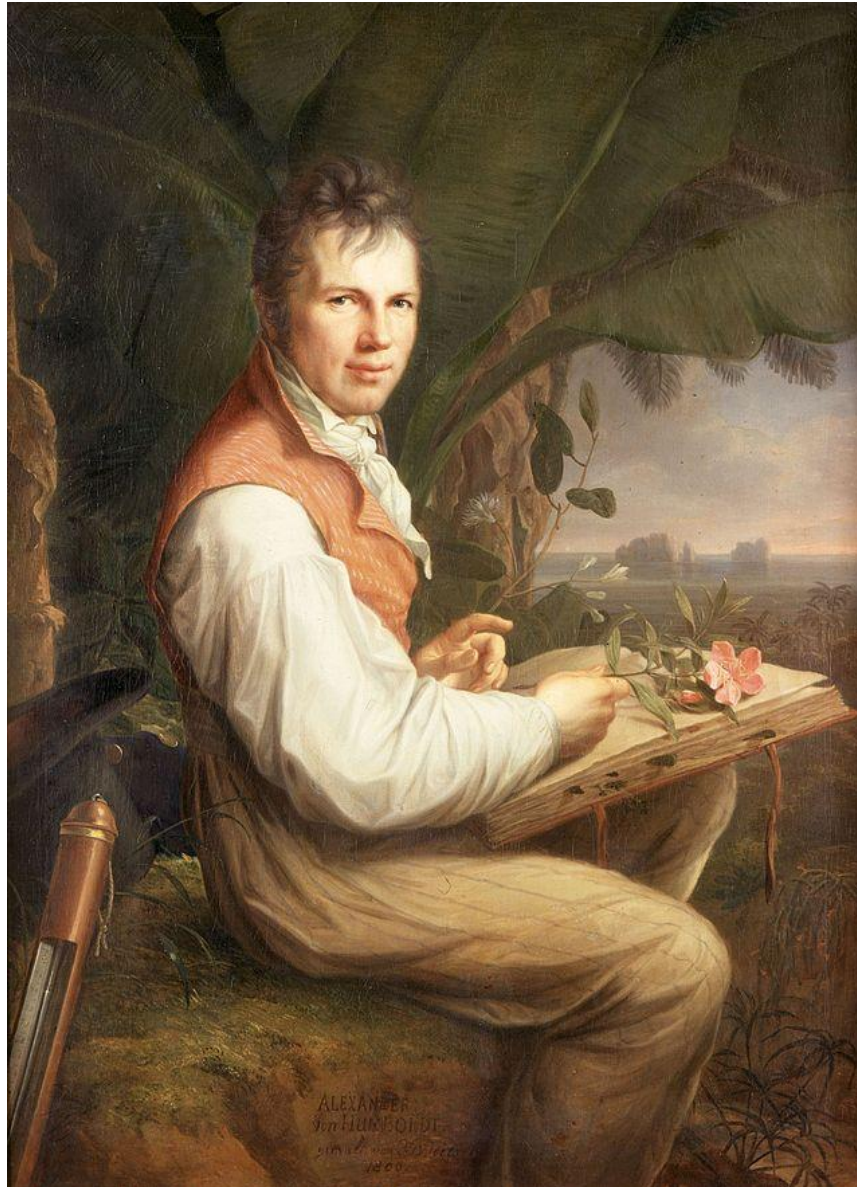
“En 1799 y principios de 1800 se presentaron a mi espíritu muchas ideas sobre la constancia del calor del agua en ebullición en una misma altura, y sobre su variación mudando de nivel. Estas ideas se pusieron en práctica, y subí cuatro veces sobre los Andes de Popayán. Cargado de mis barómetros, termómetros y de una lámpara de ebullición, verifiqué una larga serie de observaciones. El resultado fue que la altura de las montañas se puede medir con el termómetro como se hace con el barómetro. Este resultado, verdaderamente nuevo e importante, me agitaba, y resolví verificarlo siempre que se me presentasen ocasiones. Ninguna más propia que mi viaje a Quito.”²⁸⁹

Por último, la posibilidad de darse a conocer al Barón Humboldt y de establecer una colaboración científica con él significaba el mayor privilegio personal imaginable y la máxima oportunidad para

²⁸⁹ Carta 127 de Septiembre 30 de 1808 dirigida a José Ramón Leyva, Secretario del Virreinato y Juez Comisionado para los Asuntos de la Expedición Botánica de Santafé. pp.287-288.

Caldas de entrar en contacto con la vanguardia científica de la ciencia ilustrada europea de aquel momento.

Para comienzos del siglo XIX, Alexander von Humboldt - en su faceta de hombre de mundo de inmensa cultura, polímata brillante, explorador cosmopolita y viajero romántico - representaba el ideal por excelencia de naturalista y de científico ilustrado. Para Caldas y para toda la generación de jóvenes criollos ilustrados del Nuevo Reino de Granada - y en especial para aquellos vinculados a la Expedición Botánica bajo la dirección de Mutis - la figura de Humboldt tenía un aura de fascinación enorme pues encarnaba el paradigma de sabio universal de la modernidad, portador de la filosofía ilustrada y adalid de la ciencia moderna newtoniana.



Retrato del Barón Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt.²⁹⁰

²⁹⁰ Retrato de Humboldt realizado por el pintor alemán Friedrich Georg Weitsch (1758-1828) en 1806. Imagen tomada de: <https://www.madrimasd.org/blogs/CienciayPoesia/2014/10/28/85878> [Consultado en Abril 17 de 2019]

La visita de Humboldt era un verdadero acontecimiento dentro de la rutina colonial y para los círculos ilustrados neogranadinos era una oportunidad única de codearse con un personaje que representaba lo más granado del pensamiento moderno y de la ciencia ilustrada. Caldas, desde Popayán y gracias a los informes de sus conocidos en Santafé, había seguido el recorrido de Humboldt y Bonpland a través del Nuevo Reino de Granada desde su arribo al puerto de Cartagena de Indias el 30 de marzo de 1801 (procedentes de Cuba) y estaba ansioso de recibir noticias de todos los pormenores de la travesía pues se sabía que los ilustres viajeros permanecerían unos días en Santafé y luego continuarían su recorrido hacia el sur haciendo escala obligada en Popayán.²⁹¹

Humboldt y Bonpland arribaron y permanecieron en Santafé entre junio y julio de 1801 como huéspedes de Mutis con quien intercambiaron impresiones de viaje y compartieron informaciones científicas; mientras esto ocurría, Caldas tenía la esperanza de que su nombre - ligado a su interés por las ciencias naturales - llegara a oídos del Barón y de su acompañante y se abriese la posibilidad de conocerlos cuando éstos pasasen por Popayán rumbo a Quito; para tal efecto, Caldas había requerido los buenos oficios de Arroyo en Santafé para que mencionase su nombre e hiciera elogio de sus trabajos científicos (ya que, poco antes, fue gracias a las buenas referencias de Arroyo que el nombre de Caldas llegó a oídos de Mutis granjeándole su simpatía).

De esta manera, Caldas se encontraba ansioso en Popayán recibiendo noticias y en espera de la llegada del barón a la ciudad porque sabía que, dadas la inmensa cultura del naturalista prusiano y su profundo y actualizado conocimiento del estado de las ciencias naturales europeas del momento, era el personaje idóneo para ilustrarle acerca de todas las disciplinas que ocupaban a Caldas y, en especial, podía darle luces en torno al tema de la hipsometría y aclararle con toda certeza si su recién hallado principio termométrico era ya conocido por los naturalistas europeos o si, por el contrario, se trataba de un hallazgo inédito:

“Espero con impaciencia que llegue el Barón de Humboldt, no para contribuir con nada a este sabio, sino para aprovecharme de sus luces. Voy a recorrer mis estudios favoritos, tales como la astronomía, la botánica, la geografía, en general la historia natural, apuntar todas mis dudas y proponerlas; quizá daremos un paso a nuestra ilustración, y los estudios de América comenzarán a parecer algo con estas luces.”²⁹²

No obstante el entusiasmo mostrado por Caldas ante la llegada de Humboldt, en otro aparte de su correspondencia se mostraba algo escéptico sobre la posibilidad de que un naturalista extranjero de paso por el Nuevo Reino de Granada llegase a conocer a fondo el entorno natural teniendo en cuenta la brevedad de la estadía. Es entendible esta actitud de Caldas pues él había pasado años recorriendo

²⁹¹ Como estudio exhaustivo sobre el viaje de Humboldt y Bonpland por el Nuevo Reino de Granada entre marzo y diciembre de 1801 (con abundantes ilustraciones, mapas y muestras iconográficas), véase: GÓMEZ, Alberto. *Humboldtiana neogranadina*. 5 volúmenes. Universidad de Los Andes. Pontificia Universidad Javeriana. Universidad del Rosario. Universidad Externado de Colombia. CESA. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.

²⁹² *Carta 38 de Junio 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo*. p.92.

los entornos andinos y los conocía a profundidad mientras que los viajeros europeos ni siquiera permanecerían el tiempo suficiente para llegar a presenciar, por ejemplo, el ciclo de las variaciones estacionales de lluvias y sequías durante un año completo en un lugar específico:

“Vamos a nuestro Humboldt: dígame usted: ¿podemos esperar algo de útil y sabio de un hombre que va a atravesar el Reino con la mayor velocidad? ¿Es de creer que haga buenas observaciones astronómicas, físicas, mineralógicas y botánicas en tres o cuatro meses? Quién sabe si va a llenar de preocupaciones y de falsas noticias a la Europa, como lo han hecho casi todos los viajeros. Pero suspendamos nuestros juicios hasta que veamos las producciones de este prusiano.”²⁹³

Pero era evidente que la posibilidad de conocer a Humboldt y Bonpland era una oportunidad demasiado valiosa como para entrar en minucias así que Caldas estaba muy pendiente de la llegada de los viajeros y los aguardaba con impaciencia; y cuando mayor era el entusiasmo y la expectativa de Caldas por recibir a Humboldt en Popayán, pues ya sabía que el barón había recibido comentarios positivos de su persona y trabajos y deseaba conocerlo cuando pasase por la ciudad, surgió el asunto del litigio familiar en Quito que exigía la presencia de Caldas:

“Pero he aquí que cuando menos lo pensaba, cuando aguardaba en mi retiro a este prusiano, los cuidados de familia, los intereses domésticos me van a sacar de Popayán y a botarme más allá de la línea [del Ecuador], en compañía de nuestro don Toribio y de don Juan José Hurtado. [...]”²⁹⁴

Y no obstante el impedimento de tener que salir de Popayán con rumbo a Quito, Caldas no desistió en su empeño de encontrarse con Humboldt y Bonpland pues no estaba dispuesto a perder la oportunidad de conocer y compartir con uno de los naturalistas más eminentes del mundo; puesto que Humboldt y Bonpland tenían planeado proseguir su viaje hasta Lima, Quito era una escala obligada y Caldas (ya residiendo allí) decidió salir a encontrarles en Ibarra - 112 kilómetros al norte de Quito - con el ánimo de presentarse personalmente y, posteriormente, ilustrarse y aprender todo lo que fuese posible tanto de Humboldt en persona como también de sus libros e instrumentos:

“Estoy resuelto a seguir al Barón a Guayaquil y esperarlo en Ibarra, procurando instruirme y chupar cuanto me sea posible a este sabio viajero, para ilustrarnos alguna cosita y salir de la barbarie. Usted no deje de insinuársele y recomendarme para que me trate con distinción y me enseñe.”²⁹⁵

²⁹³ Carta 40 de Julio 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.102

²⁹⁴ Carta 38 de Junio 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.92-93.

²⁹⁵ Carta 44 de Septiembre 21 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.120.

El tema de la hipsometría era primordial para Caldas así que también esperaba sondear sutilmente a Humboldt para averiguar qué tanto sabía él – y qué tanto se había investigado en Europa – sobre el asunto de las nivelaciones barométricas en relación al punto de temperatura de ebullición del agua teniendo la precaución de no revelar mucho de sus propios avances y hallazgos. Llegado el caso de que se tratase de un descubrimiento importante, Caldas temía que por alguna indiscreción de su parte el Barón Humboldt pudiese penetrar en el asunto apropiándose del hallazgo y terminase dándolo a conocer y publicándolo como algo de su autoría; Caldas temía que si era Humboldt el que daba el toque final a la teoría y la publicaba en Europa - aunque no hubiese ningún tipo de malicia de su parte – todo el estamento académico y científico lo reconocería como el verdadero descubridor del principio termométrico de la hipsometría pues nadie tendría idea de quién era Caldas ni tampoco nadie estaría dispuesto a darle prelación sobre el descubrimiento a un criollo desconocido de las colonias españolas en detrimento del mundialmente famoso científico prusiano.

Así que, entre muchas materias de interés, Caldas esperaba sondear a Humboldt con mucha cautela y precaución sobre el tema de la hipsometría para de una vez por todas dilucidar el verdadero valor de su descubrimiento autodidacta y también para nutrirse de los trabajos físicos y matemáticos que le fueran desconocidos y que el Barón pudiera sugerirle para pulir matemáticamente el principio termométrico de la hipsometría:

“El último extracto de las observaciones de Humboldt ha conmovido mi alma, de tal modo, que creo ya formarme al lado de este sabio en los géneros en que he adquirido algunos conocimientos. La astronomía, la geografía, la botánica, la química, serán mis objetos favoritos, y beberé con ansia cuanto se digne enseñarme este hombre célebre. Estoy resuelto a pasar a Ibarra a esperarlo, acompañarlo hasta aquí, recorrer con él los alrededores de esta ciudad y seguirlo a Guayaquil; ésta es, mi Santiago, la ocasión de saber algo y de tomar ideas fundamentales en todos los géneros; [...] Si acaso sabe usted algo más sobre esto, comuníquemelo, lo mismo que sobre el uso que hace el Barón del agua hirviendo y su calor en el termómetro.”²⁹⁶

Con el ánimo de ir abonando el terreno para su encuentro en Quito, Caldas - antes de abandonar Popayán - recomendó a su amigo Antonio Arboleda, que acogiese a Humboldt y a Bonpland cuando pasasen por la ciudad con rumbo a la Provincia de Quito y les mostrase algunos de sus papeles - con observaciones astronómicas y barométricas, principalmente - para llamar la atención de los viajeros europeos sobre sus trabajos científicos. Fue tal la buena impresión que causaron en Humboldt estos cuadernos que contenían anotaciones y mediciones astronómicas hechas por Caldas con sus instrumentos artesanales que registró su admiración en sus diarios con palabras muy elogiosas afirmando que:

²⁹⁶ Carta 47 de Septiembre 21 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.120.

“Il est ettonant que ce jeune américain, se haya elevado hasta las más delicadas observaciones de la astronomía por sí mismo, y con unos instrumentos hechos de sus manos.”²⁹⁷

“Este Mr. Caldas es un prodigio en la astronomía. Nacido en las tinieblas de Popayán ha sabido elevarse, formarse barómetros, octantes, sectores, cuartos de círculos de madera; mide latitudes con gnomones de quince o veinte pies: yo he visto alturas correspondientes tomadas con estos instrumentos, que apenas difieren de cuatro a cinco líneas. ¡Qué habría hecho este genio en medio de un pueblo culto, y qué no debíamos esperar de él en un país en que no se necesita hacerlo todo por sí mismo!”²⁹⁸

Meses después, cuando Caldas tuvo la oportunidad de convivir con Humboldt y Bonpland en una hacienda cercana a Quito, pudo acceder a los libros y diarios de Humboldt y encontró las elogiosas palabras hacia su persona y sus trabajos; muy emocionado, las transcribió posteriormente (traducidas al castellano) en tres cartas enviadas a sus amigos Santiago Arroyo y Antonio Arboleda.²⁹⁹

Así las cosas, para finales de 1801, todo estaba preparado para que se diese el encuentro tan anhelado por Caldas y en un principio todo fueron alegrías, simpatías y mutuos elogios; Caldas estaba eufórico de por fin poder conocer y compartir con Humboldt y con Bonpland y escribió muy emocionado a Arroyo en Santafé contándole los pormenores del encuentro:

“Mi amadísimo amigo: ¡Que ingrato sería yo si no le comunicase cuanto me ha pasado, y cuanto me ha enseñado el Barón de Humboldt, este joven prusiano, superior a cuantos elogios se pueden hacer! Me transporté a Ibarra, como anuncié a usted, por antelar el momento de conocerlo; salí algún trecho de aquí, y le hallé el 31 de diciembre de 1801, a las once del día. ¡Qué momento tan feliz para un amante entusiasta de las ciencias! Yo fui el primero que me le presenté, y sin detenerse un instante me preguntó: ¿usted es el señor Caldas? A lo que contesté lo que correspondía. Desde este instante me comenzó a tratar con una franqueza y liberalidad sin igual. ¡Qué noticias tan exactas trae de mí y de mis cosas! ¡Qué opinión tan ventajosa formada por los informes de mis amigos! Yo confieso a usted que mi amor propio nunca me habría sugerido expresiones más honrosas a mis conocimientos. Así que llegamos a Ibarra comí con él, y públicamente se volvió a mí y me dijo: He visto los preciosos trabajos de usted en astronomía y geografía. Me los han enseñado en Popayán. He visto alturas correspondientes tomadas con tal precisión, que la mayor diferencia no pasa de cuatro segundos. Después que abrió sus cofres, me mostró el manuscrito de observaciones astronómicas: me hizo notar la que había hallado de Popayán con su famoso cronómetro, y luego me dijo: el padre de usted, sin su consentimiento, me ha enseñado un libro manuscrito, en que hallé una observación de la inmersión del primer satélite de Júpiter, calculada; y da la misma longitud que mi cronómetro: lea usted. He visto un elogio en francés, que

²⁹⁷ “Es sorprendente que este joven americano...”; la observación fue escrita por Humboldt en sus diarios originalmente en francés. La transcripción del aparte, hecha por el mismo Caldas, se encuentra en: *Carta 54 de Enero 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo*. p.144.

²⁹⁸ *Carta 60 de Marzo 6 de 1802 dirigida a Antonio Arboleda*. p.163.

²⁹⁹ Las tres transcripciones hechas por Caldas de las palabras de Humboldt se hallan en: *Carta 54 de Enero 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo*. p.143. *Carta 59 de Marzo 6 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo*. p.161. *Carta 60 de Marzo 6 de 1802 dirigida a Antonio Arboleda*. p.163.

no merezco. En sustancia le diré su contenido; ya se ve lleno de rubor; pero que con un amigo como usted, depositario de todos mis pensamientos, no puedo ocultar nada, aunque se ofenda la modestia. Después de referir su observación del cronómetro añade: el doctor Caldas ha hecho en tanto una bella observación del primer satélite de Júpiter: él ha hallado 5 h. 14'16": y yo 5 h. 14'13". Il est ettonant que ce jeune américain, se haya elevado hasta las más delicadas observaciones de la astronomía por sí mismo, y con unos instrumentos hechos de sus manos; con otro montón de cosas que no quiero referir. [...]

Después de leer mis manuscritos dijo en una tertulia que mis observaciones astronómicas están más bien ejecutadas que las de don Jorge Juan. ¡Qué honor para mí oírme preferir a este hombre admirado de la Europa! Tanto más sensible a este elogio, cuanto no lo dijo en mi presencia.”³⁰⁰

Es interesante tratar de sondear la repercusión emocional que tuvo para ambos personajes este primer encuentro: por una parte, Humboldt era un gran hombre de mundo, viajero, polímata, cosmopolita y políglota, que se había codeado con aristócratas y grandes personalidades y para quien seguramente resultaba muy fácil mostrarse afable y muy cortés con ese joven provinciano desconocido cuyos trabajos autodidactas y entusiasmo científico le habían impresionado de grata manera; en contraste, para Caldas el encuentro con Humboldt y Bonpland constituía quizá el evento más significativo de su vida y el culmen de sus aspiraciones científicas.

Desde un comienzo entonces, se estableció una relación un tanto paternalista (aunque Caldas era un año mayor que Humboldt) pues Caldas, con su humildad característica, asumió una entendible actitud de aprendiz al lado de la deslumbrante figura de Humboldt; conmovido por la deferencia que el barón mostraba hacia él, Caldas empezó a fantasear con una amistad duradera y con una colaboración científica futura e, incluso, comenzó a proyectar la posibilidad de convertirse en compañero de expedición de los dos viajeros europeos en el recorrido que tenían presupuestado realizar por América del Sur en los meses por venir.

Y al comienzo de la relación todo fueron satisfacciones e ilusiones para Caldas pues él, provinciano y desconocido y siempre tan consciente y quejoso de las dificultades ideológicas y materiales que había que tenido que enfrentar para poder dedicarse de manera rudimentaria a las ciencias, se veía de repente como compañero de trabajo de uno de los naturalistas más afamados del mundo recibiendo de él testimonios de admiración y respeto. Por lo demás, Humboldt fue generoso y amplio y no le escatimó sus luces ni enseñanzas a Caldas permitiéndole tanto manipular y aprender a manejar sus valiosos instrumentos científicos como leer y copiar sus libros y revisar sus cuadernos de anotaciones (que incluían las mediciones astronómicas, barométricas y termométricas que tan valiosas resultaban para Caldas).

En retribución a la generosidad de Humboldt, Caldas se consagraba a admirarle y a elogiarle y le hacía partícipe también de sus trabajos mostrándole los levantamientos topográficos que había realizado en sus correrías de mercader y le entregó también sus colecciones de datos barométricos y

³⁰⁰ Carta 54 de Enero 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo. pp.143-144.

astronómicos para que Humboldt confrontara los suyos propios y los confirmara con mayor precisión:

“En esta colección de observaciones astronómicas que le he dado, está la del eclipse de luna de 1797, y un número grande de latitudes en la parte alta del Magdalena, hechas con el sol y diferentes estrellas. Le enseñé mi carta de Timaná, y otro trozo que levanté en 1796 de Tocaima a Neiva; de modo que unidos estos materiales a los del Barón, tenemos ya una carta de todo el Magdalena. Este sabio me ha pedido un ejemplar de todo, y lo ha añadido a la gran carta del Reino. ¡Qué honor para mí el ver mis primeros trabajos al lado de los de un hombre grande! Estos pequeños ensayos, condenados a permanecer en los autos sobre límites de Timaná, y en mi cuarto, van a ver la luz pública. ¡Ojalá yo hubiera trabajado más en este género! Pero me consuelo, y he criado una satisfacción en mis operaciones, viendo que han merecido la aprobación de este hombre grande. Cuando acabó de ver mi carta, volvió a mí y me dijo: he visto muchas cartas en las Secretarías de Caracas, Cartagena y Santafé; y la única que merece este nombre, la única astronómicamente levantada es la de Timaná.”³⁰¹



Ruta seguida por Humboldt y Bonpland en su viaje por América entre 1799 y 1804.³⁰²

Ante tan positiva acogida por parte de Humboldt, Caldas no cabía en sí de gozo y optimismo y empezó a fantasear con la posibilidad de acompañar a los viajeros europeos en su viaje hacia el sur y, por qué no, embarcarse con ellos, como presupuestaban hacer, rumbo a México y más allá. Cualquier palabra dicha por Humboldt elogiando los trabajos de Caldas eran tomados por éste como

³⁰¹ Carta 54 de Enero 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo. p.144.

³⁰² Imagen tomada de: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_Alexander_von_Humboldt_expedition-es.svg [Consultado en Junio 24 de 2019]

el testimonio de un aprecio profundo hacia su persona y una clara insinuación de una futura colaboración científica; Caldas se veía entonces viajando al lado de los naturalistas europeos y recibiendo honores y reconocimientos y - por iniciativa personal y sin haber consultado ni a Humboldt ni a Bonpland - empezó a insinuar a Arroyo y a Mutis que, de contar con algún apoyo monetario, él estaba más que dispuesto a integrarse a la expedición de los naturalistas europeos como compañero y colaborador científico.

*“Me ha dicho que quiere me conozca todo el mundo, y no dudo que en más de un lugar me haga representar algún papel. Aún no he entrado en materia sobre nuestro asunto del termómetro en agua hirviendo, y yo avisaré lo que resulte. ¡Que no pueda en los estrechos límites de esta carta decir a usted cuanto me ha dicho y cuanto me ha enseñado este hombre singular y raro! El uso y la forma de todos sus instrumentos; las experiencias, y sobre todo sus discursos, me arrebatan y me hacen sentir anticipadamente el dolor mortal de perderlo. ¡Ah! Mi amigo, esta es una luz efímera que se nos escapa casi sin disfrutar de su influjo y beneficios. ¡Quién sabe si semejante al relámpago nos ilumina fuertemente en un instante, para dejarnos caer en tinieblas más espesas! Yo ardo en deseos de seguirlo, y sólo la falta de comodidad me detiene. Si hoy me hallara con mil pesos desahogados, le seguiría siquiera hasta Lima, adonde marcha de aquí. Vería toda la parte austral del Reino, la célebre meridiana la recorrería del uno al otro extremo, y conocería la capital del Perú. ¡Cuánto aprendería con Humboldt! Pero mi suerte, mi destino me ata a este suelo enemigo de las ciencias. Yo lloro mi desgracia, y el Barón, que debía hacer mi felicidad, me ha sumergido en un abismo de tristezas. Este amor de la sabiduría, esta sed insaciable de saber ha llegado en mí a tal punto, que ya se equivoca con el furor y con la desesperación; jamás había sabido mi corazón qué era el deseo del oro y de la plata, hasta que he sentido su necesidad para ser sabio.”*³⁰³

Por lo demás, a pesar de lo bien aspectado que parecía todo por el momento, es importante recalcar que, tal como evidencia el aparte anterior, Caldas aún no había mencionado nada relativo a la hipsometría y se guardaba con mucha discreción de no precipitarse en el asunto pues sentía que debía ser muy discreto para lograr que Humboldt le ilustrase y enseñase tanto como fuera posible sobre el estado de la cuestión en Europa pero sin él mismo delatar sus avances en relación al principio termométrico que había descubierto pero que aún necesitaba pulir matemáticamente. Muy consciente de que el reconocimiento y el trabajo conjunto con Humboldt y Bonpland bien podían significar su proyección como hombre de ciencia más allá de las estrechas fronteras materiales e ideológicas del virreinato y su integración al entorno científico y académico europeo, Caldas se consagró a aprender todo lo posible de Humboldt.

Una vez que los naturalistas europeos - acompañados por Caldas - arribaron a Quito fueron recibidos por la nobleza de la ciudad y un aristócrata criollo, Don Juan Pío María Torcuato de Montúfar y Larrea-Zurbano, Marqués de Selva Alegre,³⁰⁴ invitó a los viajeros europeos - extendiendo la

³⁰³ Carta 54 de Enero 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo. p.145.

³⁰⁴ **Juan Pío María Torcuato de Montúfar y Larrea-Zurbano** (1758-1819) fue un noble criollo quiteño de ascendencia española que detentó el título hereditario de Marqués de Selva Alegre; se vinculó activamente al proceso de

invitación a Caldas - a pasar una temporada, entre febrero y marzo de 1802, en su Hacienda de Chillo, cercana a la ciudad de Quito.

Dio inicio entonces una temporada de intensa actividad - y de completa felicidad - para Caldas en la que estuvo conviviendo con Humboldt y Bonpland y trabajando con ellos en una gran cantidad de materias de interés común:

En principio, Caldas tuvo a su plena disposición tanto la biblioteca de Humboldt como sus valiosos y finos instrumentos en los que pudo ejercitarse a cabalidad y se consagró a la tarea de tomar abundantes apuntes copiando catálogos de estrellas, datos de latitud y longitud de lugares importantes, descripciones botánicas y zoológicas y otro gran número de datos y observaciones relevantes. Durante treinta y siete días, Caldas y Bonpland no solo compartieron habitación sino que también trabajaron conjuntamente elaborando herbarios, haciendo disecciones de plantas y levantando las descripciones tanto en castellano como en latín, entre muchas otras labores en las cuales Caldas, que nunca tuvo escuela científica de ningún tipo, pudo aprender de Bonpland la correcta manera de coleccionar muestras botánicas y de clasificarlas de acuerdo a una verdadera metodología científica acorde con los criterios más modernos.

El buen ambiente y la cordialidad imperantes, alimentaron aún más en Caldas el deseo de sumarse a la expedición de Humboldt y Bonpland:

“¡Qué honor para mí ver mis trabajos geográficos al lado de los de un geógrafo consumado! ¡Ver que se publicarán unos rasgos que estaban condenados al olvido! Yo le voy a seguir a todas partes, voy hasta Guayaquil.

¡Que me sea necesario dejarlo aquí! ¡Ah! si hoy fuera poseedor del dinero necesario, me haría insensible aun a las lágrimas de mis padres y dejaría seguramente a América; seguiría a este sabio hasta el polo si fuera necesario, no me detendrían los horrores de la zona glacial ni los calores excesivos del Senegal. ¡Qué hombre sería yo después de haber dado la vuelta al globo!”³⁰⁵

Escribiéndole con profusión, Caldas logró entusiasmar a Mutis con la idea de proseguir viaje con Humboldt y Bonpland - siempre y cuando pudieran conseguirse los medios económicos - pues era muy claro que todo lo que Caldas pudiese aprender e investigar durante la travesía redundaría en beneficio de la Expedición Botánica; además, Mutis contaría con un naturalista de su confianza que podría recorrer territorios que habían estado bajo la jurisdicción de la Expedición Botánica al Virreinato del Perú y cuyo conocimiento directo por parte de Caldas sería muy positivo para extender el panorama de todo el trabajo que ya se había hecho a nivel botánico y zoológico en el Nuevo Reino de Granada bajo la dirección de Mutis.

independencia de la Provincia de Quito de la Corona Española y ejerció el cargo de presidente de la Junta de Gobierno Autónomo de Quito; murió prisionero y desterrado en España.

³⁰⁵ Carta 53 de Diciembre 21 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.142.

El asunto fluyó por buenos cauces y Mutis logró diligenciar una libranza de dinero para costear el viaje, tras lo cual procedió a escribirle tanto a Caldas para notificarle la buena nueva como a Humboldt para ponerle al tanto de la diligencia. Desafortunadamente, el proyecto de viaje era más una quimera de Caldas que una iniciativa compartida que se hubiese discutido reposadamente con Humboldt y Bonpland para, con toda razón, pedirles su beneplácito como directos implicados.

A partir de allí, la cosa fue de mal en peor: cuando recibió la misiva de Mutis comunicándole que los fondos estaban disponibles y que sólo era necesario recibir el consentimiento del Barón para finiquitar el trámite, Caldas se apresuró por comunicarle a Humboldt la noticia pero se estrelló entonces con el rechazo del Barón que, sorprendido por una iniciativa en la que no había tenido intervención alguna y que afectaba tanto su vida privada como su libre albedrío, se sintió invadido y contrariado por el hecho de que Caldas, sin consultarle siquiera, hubiera decidido sumarse a su viaje personal sin respetar las debidas normas del protocolo y la cortesía y sin haber recibido nunca ningún tipo de invitación formal de su parte.

Se siguió un desenlace que llevó a Caldas de la mayor euforia al abatimiento más profundo:

“¡Ah, día 3 de abril de 802! ¿Te borrarás alguna vez de mi memoria? Este día, día glorioso y terrible, hará época en mi vida. A las dos de la tarde se aparece en mi casa un criado del Barón de Humboldt, me entrega un pliego, conozco la letra del ilustre Mutis, mi corazón se conmueve, abro, veo este nombre: J. C. Mutis, mis lágrimas asoman, no puedo contenerme, beso esta firma respetable, leo ¡cielo santo! Sólo tú eres testigo de lo que pasó en mi alma; mis ojos se anegan; mi garganta se anuda; corro como loco; no hallo a un amigo a quién dar parte de mi felicidad y con quien disipar una parte del fuego que me abrasa; voy a casa de Humboldt, no le hallo; vuelvo a la mía; no atino, no puedo fijarme en nada; todo es amar a Mutis, todo es admirar su generosidad. ¡Qué cúmulo de ideas se me presentan! ¡Qué gloriosos trabajos los que voy a emprender! He aquí al mortal más feliz. Vuelvo a la casa del Barón; le hallo; pregunto por el sabio Mutis, por sus cartas. Me contesta este viajero con frialdad; me suprime el asunto principal; me lo niega directamente. En los primeros momentos de mi sorpresa creo al prusiano. ¡Qué asombro el mío! Veo de letra del ilustre Mutis estas cláusulas, que quedarán eternamente grabadas en mi corazón: Se cumplirán los ardientes deseos de usted si mi amadísimo el señor Barón de Humboldt nos franquea su consentimiento; tengo en mis manos un cuantioso libramiento. Oigo de boca de este sabio joven: no me dice nada el señor Mutis, no me ha escrito sobre el viaje de usted. ¡Qué distracción tan espantosa la de mi ilustre protector, decía dentro de mí! No puede ser: vuelvo a reconvenir y a preguntar, reconvengo con mi carta, con el libramiento. La fuerza de la verdad le oprime y me dice: Mi amigo, yo he mentido a usted: el señor Mutis me habla a la larga del asunto, pero yo, que he resuelto viajar solo, no quería dar a usted esta pesadumbre. ¡Qué rayo, qué golpe tan terrible sufre mi corazón! Del colmo de mi gloria en un momento paso a la melancolía más profunda y a la desesperación. ¡Qué reflexiones tan espantosas me oprimen! Todo el vasto edificio de mis proyectos se desploma; todo desaparece como el humo.”³⁰⁶

³⁰⁶ Carta 64 de Abril 6 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.177.

Y así terminó todo pues aunque Caldas y Humboldt guardaron las fórmulas del protocolo, mantuvieron un trato cortés hasta el final e incluso intercambiaron correspondencia posteriormente, los sentimientos e ilusiones de Caldas quedaron destrozados por el rechazo del Barón; la admiración y la devoción que había sentido por Humboldt se transformaron en frustración y resentimiento hacia él y en conmiseración hacia su propia ingenuidad y mala fortuna. Los grandes trabajos científicos que soñó realizar en tierras lejanas bajo la guía del gran naturalista quedaron reducidos a nada junto con la proyección y el reconocimiento que había imaginado bajo su auspicio.

El siempre recatado y moralista Caldas que tanto había alabado a Humboldt en sus misivas anteriores exaltando sus maneras y actitudes no se guardó entonces palabras de rencor en referencia al Barón y, según él, a su carácter disoluto y comportamiento indigno:

“¡Qué diferente es la conducta que el señor Barón ha llevado en Santafé y Popayán de la que lleva en Quito! En las dos primeras ciudades fue digna de un sabio; en la última es indigna de un hombre ordinario. El aire de Quito está envenenado: no se respiran sino placeres; los precipicios, los escollos de la virtud se multiplican, y se puede creer que el templo de Venus se ha trasladado de Chipre a esta ciudad. Entra, el señor Barón en esta Babilonia, contrae por su desgracia, amistad con unos jóvenes obscenos, disolutos; le arrastran a las casas en que reina el amor impuro; se apodera esta pasión vergonzosa de su corazón, y ciega a este sabio joven hasta un punto que no se puede creer.”³⁰⁷



Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en las laderas del volcán del Chimborazo.³⁰⁸

³⁰⁷ Carta 65 de Abril 21 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.181.

³⁰⁸ Pintura realizada en 1810 por el pintor alemán Friedrich Georg Weitsch (1758-1828). Imagen tomada de: <https://picturingtheamericas.org/painting/alexander-von-humboldt-and-aime-bonpland-near-the-chimborazo-volcano/?lang=es> [Consultado en Junio 24 de 2019]

El resentimiento y la amargura de Caldas se intensificaron aún más cuando Humboldt decidió que él y Bonpland continuarían su viaje en compañía del joven Carlos de Montúfar y Larrea-Zurbano,³⁰⁹ hijo del Marqués de Selva Alegre que los había hospedado en la Hacienda de Chillo y, según Caldas, joven disoluto y desprovisto de todo mérito científico y personal:

“Reservado... Ya habrán visto mis Memorias, ya sabrán el desaire de Humboldt. ¡Si ustedes supieran las causas! ¡Ah! ¡Qué difícil es conocer a los hombres! ¡Cómo nos deslumbró este hombre en los primeros momentos! Sepan, mis amigos, que el carácter severo, humilde y moderado de su amigo, es el que ha obrado mi desgracia; un joven currutaco, ignorante y disipado le ha merecido toda la confianza, y lo lleva el que me dice que ha resuelto viajar solo. ¡Qué lección tan sublime de conducta y de moral! Aprovechémonos de nuestra desgracia y consolémonos. Si Mutis, si este hombre, si este monstruo de virtud y de ciencia aprueba mis planes, yo volveré al seno de mi patria ilustrado, yo seré el canal de comunicación; ¡qué honor! y no tendremos que mendigar de Humboldt; no es éste el único que sabe; no está en él encerrada nuestra felicidad e ilustración.”³¹⁰

La enorme deferencia y el afecto que Caldas había dispensado a Humboldt desde su primer encuentro terminaron entonces en una fría e incómoda despedida que no logró subsanar el tremendo agravio que había significado para el payanés el rechazo del prusiano a pesar de sus probados talentos y de su gran devoción por el trabajo científico:

“El señor Barón de Humboldt partió de aquí el 8 del corriente con Mr. Bonpland y su Adonis, que no le estorba para viajar como Caldas. Yo he mantenido hasta el momento de nuestra despedida una buena armonía con este viajero. Creo no tendrá de qué quejarse, si no me hace injusticia. [...]

Como la causa que ha dado para no franquearme su lado ha sido que mi semblante es severo, y mi trato poco afectuoso y seco, no quise molestar su delicadeza con mi presencia, y me excusé acompañarlo en su primera subida a Pichincha y Cotopaxi. Creyó el señor Barón que eran efectos de mi sentimiento por su negativa, y procuró de todos modos contentarme, de modo que al fin de su mansión en Quito me ha hecho mil expresiones, visitas, elogios, y procurado dejarme satisfecho. Yo le amo, pero he sentido este desaire, que no curará con nada este sabio.”³¹¹

³⁰⁹ **Carlos de Montúfar y Larrea-Zurbano** (1780-1816) fue un aristócrata criollo perteneciente a una noble familia quiteña que destacó como militar en la lucha por la independencia de la Provincia de Quito y del Nuevo Reino de Granada. Antes de las luchas independentistas, en 1802 - y cuando contaba veintidós años -, conoció en Quito a los naturalistas europeos Alexander von Humbolt - con quien forjó una fuerte amistad -, y a su acompañante Aimé Bonpland y se sumó a su viaje de exploración por América acompañándoles por Perú, México, Estados Unidos, Cuba y hasta su regreso a Europa. Existe un debate en torno a su posible homosexualidad y a la existencia de una eventual relación romántica con Humboldt (insinuada en las veladas sugerencias de Caldas al respecto). Murió fusilado en 1816 en la ciudad de Buga (no muy distante de Popayán) durante la reconquista española de los territorios del Nuevo Reino de Granada.

³¹⁰ Carta 67 de Mayo 6 de 1802 dirigida a Juan José Hurtado y Antonio Arboleda. p.189.

³¹¹ Carta 69 de Junio 21 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. pp.192-193.

Y así sin más se cerró este importante capítulo de la vida de Caldas con una gran cuota de frustración y amargura pero que también le significó una ganancia enorme en lo relativo a su formación como científico y naturalista. Los meses que Caldas pasó con Humboldt y Bonpland fueron la escuela científica que nunca tuvo - y que siempre anheló tener - cuando amargamente se quejaba de haber tenido que formarse en completa soledad '*sin libros, ni instrumentos, ni maestros*'. Más allá de los sinsabores y de la herida emocional que le causó el rechazo final de Humboldt, fueron muchos los beneficios intelectuales que Caldas recibió tras haber tenido la oportunidad de compartir con los naturalistas europeos.

Y a la larga, la ruptura emocional que se dio al final con Humboldt puede verse simplemente como la consecuencia natural y entendible del choque de dos personalidades y mentalidades disímiles que se habían formado en mundos divergentes y que representaban entornos culturales muy diferentes: Caldas, por más brillante y meritorio que haya llegado a ser como científico autodidacta, nunca dejó de ser un criollo provinciano representante de una sociedad colonial beata y conservadora y Humboldt, en contraste, además de su brillantez intelectual y de su colosal obra como naturalista, era un gran hombre de mundo, un claro representante de la aristocracia europea de su tiempo y de las nuevas tendencias ilustradas que luchaban por imponerse sobre los códigos culturales del pasado.

En lo relativo al tema de la hipsometría en particular - como se verá en el capítulo siguiente - la convivencia con Humboldt resultó definitiva pues Caldas, a través de él, tuvo la oportunidad de conocer de primera mano el estado en que se hallaban los estudios hipsométricos en Europa y de indagar qué tanto se había avanzado en relación al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría al que Caldas había llegado en solitario y que ya había logrado conceptualizar y plantear matemáticamente de manera tentativa en 1801 (y desde antes de conocer a Humboldt).

6.2 - Residencia en Quito II. Francisco José de Caldas y José Celestino Mutis: la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada y el descubrimiento de la Fitogeografía. 1801-1805.

Desde el comienzo de su estadía en Quito, en septiembre de 1801, había tres asuntos prioritarios para Caldas en relación a sus tareas científicas:

El primer tema que lo ocupaba era la consolidación matemática del principio termométrico de la hipsometría; para tal efecto, Caldas había realizado observaciones barométricas y termométricas en múltiples lugares para consolidar una gran base de datos que le permitiese realizar el necesario trabajo de conceptualización estadística y matemática que requería la teoría.

En segundo término, como se ha visto, Caldas esperaba con afán la llegada del Barón Humboldt y de Bonpland con el ansia de relacionarse con ellos e instruirse cuanto fuera posible a su lado. La relación con Humboldt y Bonpland se extendió desde el 31 de diciembre de 1801 hasta el 6 de junio de 1802 y tuvo al final un balance agridulce.

Y el tercer asunto que ocupaba las energías de Caldas en aquellos últimos meses de 1801 era el intercambio epistolar que desde agosto de 1801 había iniciado con José Celestino Mutis (quien estaba radicado en Santafé desde 1761) y que insinuaba, si las cosas marchaban bien, la posibilidad de ser agregado como colaborador a la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada.

Desde su establecimiento en 1783, el objetivo primordial de la Expedición Botánica fue el de realizar un inventario – tan exhaustivo y completo como fuera posible – de la fauna y la flora del reino y, para ello, Mutis reclutó a un selecto grupo de estudiosos y académicos neogranadinos interesados en adelantar una carrera científica. Entre los miembros destacados de la Expedición se contaron varios personajes eminentes del entorno colonial tales como el sacerdote Juan Eloy Valenzuela Mantilla quien asumió el cargo de subdirector, los pintores y dibujantes botánicos Salvador Rizo y Francisco Javier Matiz y algunos jóvenes criollos de la aristocracia colonial tales como Jorge Tadeo Lozano, Sinforoso Mutis y Francisco Antonio Zea a quienes años después se sumó Francisco José de Caldas.³¹²

El colosal trabajo de investigación e inventariado de las especies animales y vegetales de los diversos ecosistemas del reino comenzó en 1783 y continuó sin pausa hasta 1808 cuando tuvo lugar el fallecimiento de Mutis y se produjeron disputas entre los miembros de la empresa en relación a la sucesión intelectual y continuación del proyecto. Posteriormente, en 1810, estalló la revuelta independentista (en la que varios miembros de la Expedición estuvieron comprometidos) y vinieron tiempos de agitación política y confrontación militar; la empresa logró reanudarse entre 1812 y 1816 hasta que se produjo la reconquista militar del virreinato por parte de la Corona Española. Al final, en 1816, todos los invaluable materiales producidos por el equipo de investigadores de la Expedición (libros, catálogos, herbarios, dibujos, ilustraciones, y demás producción académica, científica e intelectual) fueron embalados desde Santafé en baúles que se embarcaron rumbo a España con destino al Real Jardín Botánico de Madrid; simultáneamente, en el mismo año de 1816 y en la misma ciudad de Santafé, varios de los miembros más distinguidos de la Expedición Botánica – Salvador Rizo, Jorge Tadeo Lozano, Francisco José de Caldas – fueron juzgados, condenados a muerte, y fusilados por traición a la Corona Española.

Desde sus comienzos en 1783, la Expedición Botánica se consolidó como la mayor empresa científica del virreinato y se transformó también en un semillero de jóvenes y talentosos investigadores. Ya para el año de 1789, el arzobispo y virrey Caballero y Góngora – cercano a Mutis y patrocinador oficial

³¹² **Juan Eloy Valenzuela Mantilla** (1756-1834), fue un sacerdote, teólogo y botánico eminente que se desempeñó como subdirector de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada desde su fundación en 1783; destacó también como profesor de filosofía, matemáticas e historia natural en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en Santafé. **Salvador Rizo Blanco** (1760-1816) fue un botánico y dibujante que ejerció como primer pintor y tesorero de la Expedición Botánica y dirigió - al interior de la misma - la escuela de pintura con el ánimo de formar a futuros dibujantes; Mutis, valorando su tesón y energía, lo definió como ‘un yunque para el trabajo’; al igual que Caldas, se vinculó al movimiento independentista y murió fusilado durante la reconquista española en 1816. **Francisco Javier Matiz Mahecha** (1763-1851) trabajó con Mutis durante treinta y tres años y, al fundarse la Expedición Botánica, se vinculó como dibujante y botánico llegando a destacarse gracias a su talento como ilustrador. Sobre **Jorge Tadeo Lozano**, **Sinforoso Mutis** y **Francisco Antonio Zea** véase la nota al pie número 87.

de la empresa - exaltaba los logros alcanzados mencionando algunos de los tesoros naturales y comerciales que habían sido inventariados hasta el momento:

“Los efectos han sido correspondientes a la esperanza, porque se han hecho copiosísimas remisiones de preciosidades, con que este reino ha concurrido a enriquecer el gabinete de historia natural: se han descubierto y arreglado el beneficio de muchos aceites, gomas, resinas, betunes, maderas preciosas y mármoles; se han fomentado otros frutos y producciones comerciales, y de todo he remitido muestras a la corte.”³¹³



Retrato de José Celestino Mutis - a quien Humboldt llegó a calificar como ‘el ilustre patriarca de los botánicos’ - que lo muestra adelantando su labor botánica de descripción y clasificación de las muestras de la Real Expedición Botánica.³¹⁴

Por lo demás, la Expedición Botánica llegó a trascender el entorno meramente científico y, sin abandonar nunca sus objetivos iniciales, se transformó en un importante e influyente referente ideológico y cultural dentro del contexto colonial del virreinato en el tránsito entre los siglos XVIII y XIX. La Expedición no sólo logró consolidarse como iniciativa científica en un reino en donde no existían ni instituciones ni academias ni sociedades científicas sino que también se convirtió en un verdadero centro de irradiación del pensamiento científico ilustrado y en la única institución dentro

³¹³ CABALLERO Y GÓNGORA, Antonio. *Relación de mando*. En: POSADA, Eduardo. IBÁÑEZ, Pedro. *Relaciones de mando: memorias presentadas por los gobernantes del Nuevo reino de Granada*. Biblioteca de historia nacional. Volumen VIII. Imprenta nacional. Bogotá. 1910. p.229.

³¹⁴ Retrato de José Celestino Mutis realizado por el pintor R. Cristobal en 1930. Imagen tomada de: http://blog.redbus.co/naturaleza/jardin-botanico-de-bogota/attachment/jose_celestino_mutis/ [Consultado en Enero 16 de 2019]

del virreinato en donde se impartían enseñanzas científicas desde la práctica de un riguroso trabajo científico de alto nivel.

Así, la Expedición Botánica era el epicentro de la ciencia ilustrada en el Nuevo Reino de Granada en cuanto a su práctica y difusión y, puesto que el anhelo de Caldas siempre fue el poder dedicarse a las ciencias físicas y naturales haciendo de ellas tanto una ocupación vital como una profesión viable, el único referente que existía en todo el virreinato era la empresa dirigida por Mutis.



Passiflora laurifolia. Ilustración realizada por los dibujantes de Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada³¹⁵

Y si bien en el lapso comprendido entre 1788 y 1792, cuando Caldas fue estudiante de leyes en Santafé, la Expedición Botánica ya estaba en marcha y era un referente importante en el ambiente santafereño, no hay testimonios que indiquen que Caldas hubiese tratado de vincularse de alguna manera a la empresa; y la posterior correspondencia entre Mutis y Caldas evidencia que tampoco se conocieron personalmente durante aquellos años. Así, la relación entre ambos comenzó en 1801 cuando Mutis afincado en Santafé, por iniciativa propia, escribió a Caldas en Popayán para saludarle manifestándole su reconocimiento e intención de apoyarle en sus hasta entonces autodidactas y solitarias iniciativas científicas; sabemos por la respuesta de agradecimiento de Caldas que, anexos a la misiva, Mutis envió a modo de regalos verdaderos tesoros:

³¹⁵ Imagen tomada de: <http://www.revistacredencial.com/credencial/historia/temas/la-obra-grafica-de-la-expedicion-botanica-del-nuevo-reino-de-granada-1783-1816> [Consultado en Octubre 26 de 2019]

“Muy señor mío de toda mi estimación: recibí la primera carta de usted ¿pero qué carta? Dos buenos tubos de barómetro y las obras maestras de Linneo. Este modo de escribir es singular y nuevo; es en un idioma que lo entienden las naciones más bárbaras y de que no usan sino las almas generosas. Confieso que estoy tan asombrado como reconocido. No puedo admirar bastante que un hombre del mérito de usted haya acogido tan favorablemente un rasgo que remití a mis amigos,³¹⁶ que desee escribirme, que sienta no haberme conocido, que comience a protegerme sin saberlo yo mismo y me de libros e instrumentos, esto me hace sospechar que mis amigos, deslumbrados por el amor que me tienen, han ponderado demasiado los cortos conocimientos que tengo. Ellos tal vez piensan que van a hacer conocer a un hombre ilustrado y capaz de tomar parte en las sabias y profundas investigaciones de la naturaleza que ha tantos años hacen su única ocupación. Pero yo pienso de un modo muy diferente ¡Qué contraste no hay entre los dos! Usted sabio, conocido de la Europa entera, elogiado en el Norte por el digno hijo de Linneo, apreciado de la Nación, que ha merecido la confianza de nuestro augusto Soberano, jefe de una brillante expedición cuyos frutos preciosos espera con impaciencia el mundo sabio; yo, ignorante, desconocido de mis paisanos mismos, pasando en un rincón de la América una vida oscura y a veces miserable, sin libros, sin instrumentos, sin medios de saber y sin poder servir en alguna cosa a mi Patria. Esta espantosa diferencia de fortuna y de luces me acobarda, y sólo el conocimiento que tengo de la bondad de usted, unido a la sinceridad y buena fe con que voy a hablar de mis estudios, pueden animarme. No pretendo parecer sabio, porque no lo soy: no quiero que usted se forme una idea falsa de mí, juzgándome por los informes apasionados de mis amigos. Esto perjudicaría demasiado a mi instrucción, porque no podría usted aconsejarme con acierto.”³¹⁷

Así comenzó la relación entre estos dos personajes en los años finales del dominio colonial sobre cuyos nombres, pocos años después, se construyó gran parte del imaginario cultural y científico de la ya recién creada república independiente: Mutis fue entronizado como el gran precursor de las ciencias en el Nuevo Reino de Granada por haber traído desde Europa la ciencia moderna newtoniana y el espíritu ilustrado y Caldas fue consagrado como el primer y más importante científico criollo e idealizado para la posteridad como la encarnación del genio martirizado y patrono de la ciencia nacional republicana.

De esta manera, para cuando Caldas partió rumbo a Quito, a finales de 1801, ya se encontraba bajo el patronazgo de Mutis lo que, en términos prácticos, significaba entrar en el ambiente científico del reino y dejar atrás los años de aislamiento y anonimato. Si bien en un primer momento nada se habló sobre la posibilidad de integrar a Caldas al grupo de colaboradores de la Expedición Botánica, estaba claro que el interés de Mutis por establecer contacto y por seguir y guiar los trabajos botánicos de Caldas en la Provincia de Quito insinuaba que tácitamente el payanés sería puesto a prueba como

³¹⁶ Caldas hace referencia a su primer artículo científico titulado *Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe* que apareció publicado entre el 21 de julio y el 4 de agosto de 1801 en el periódico santafereño *Correo curioso, erudito, económico y mercantil de Santafé de Bogotá*.

³¹⁷ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. p.113.

botánico corresponsal de la Expedición en los territorios andinos quiteños que, por su lejanía, no habían sido explorados ni por Mutis ni por sus discípulos.

Así, se estableció una dinámica en la que Mutis, desde Santafé, cursaba instrucciones precisas sobre trabajos botánicos o astronómicos a realizar y Caldas efectuaba estos quehaceres en Quito y sus alrededores siguiendo las indicaciones recibidas. La labor que Caldas adelantó, en solitario y bajo la guía de Mutis, fue enorme y constituye una muestra más de su gran capacidad de trabajo y disciplina; su ingente labor fue pronta y justamente reconocida por Mutis y, dados los buenos resultados, en mayo de 1802 Caldas recibió el honor y la alegría de ser agregado como colaborador, 'en calidad de Meritorio', a la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada:

*"Mi padre tierno: este será el tratamiento con que me honre toda mi vida, y este el que daré a usted mientras viva. ¡Ah! sería un monstruo de ingratitud si no obrase de esta manera. Cada correo está señalado con un beneficio de sus manos, y parece que el ilustre Mutis no se ocupa sino en hacer feliz a Caldas. Virtuoso sabio, ha quince días que lo soy, y no cambio mi suerte por la de Humboldt. Sí, quince días ha que trabajo para la expedición de Bogotá, quince días que vivo ya unido para siempre con mi amado, con mi respetado Mutis."*³¹⁸

Años más tarde - en 1808 y en un informe enviado al secretario del virreinato redactado pocos días después de la muerte de Mutis -, Caldas reseñaba en los siguientes términos el ingente trabajo que había hecho en la Provincia de Quito siguiendo las instrucciones de Mutis:

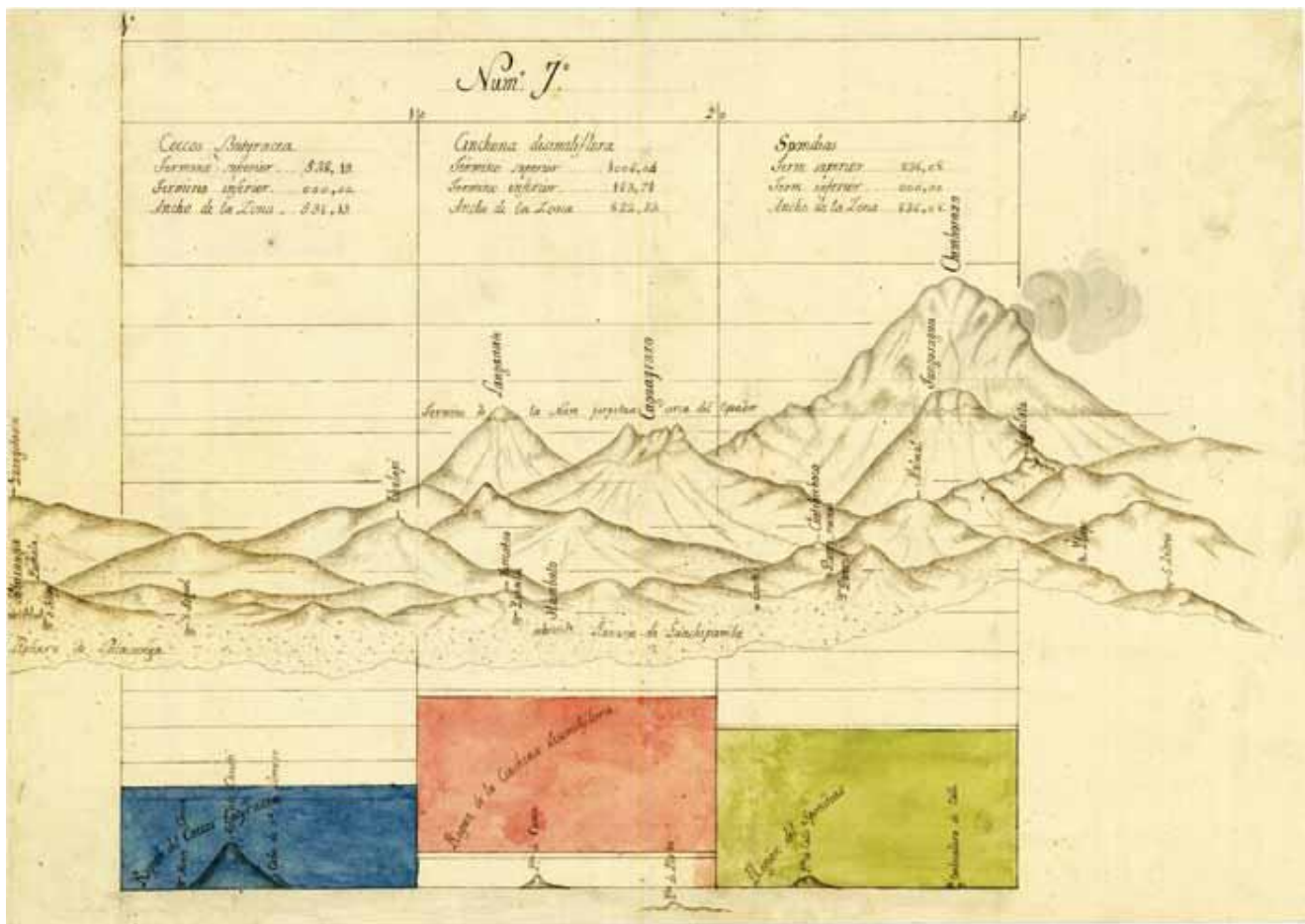
"Los informes oficiosos del barón de Humboldt y algunos trabajos que yo había mandado al señor Mutis, comenzaron a hacerme conocer de este botánico. En 1802 me agregó a su Expedición con las esperanzas y con las expresiones más lisonjeras, como lo puedo justificar con su correspondencia. A mí se me dijo que yo era un individuo de la Expedición Botánica y no un astrónomo de ella: se me hizo entender que la botánica era mi primera obligación, y que la geografía, las observaciones astronómicas, barométricas, etc., ocupaban el segundo lugar: así consta de una de sus cartas y así lo puse en ejecución.

Bajo este concepto empecé mis excursiones en julio de 1802. Salí de Quito y me trasladé a Ibarra y Otavalo; recorrí estos dos Corregimientos; levanté la carta apoyada sobre observaciones astronómicas y geodésicas; medí las montañas de Cotacache, Mojanda e Imbabura; entré en el cráter de este último volcán, y sobre todo colecté cuantas plantas se me presentaban, las describí y diseñé por mi mano. Aquí fue donde comencé a recoger los materiales para mi grande obra, que debe intitular Geografía de las plantas del Virreinato de Santafé, obra inmensa, complicada y original, obra que exige profundos conocimientos en la geografía, en la astronomía, en los meteoros y sobre todo en el barómetro y sus medidas. De aquí el cuidado de perfeccionar este instrumento, de aquí mis indagaciones y tal vez descubrimientos, de aquí el haberlo transportado a espaldas a todos los lugares, y de haber señalado con él en la mano todos los puntos en que vegeta cada planta. Entre los manuscritos de Mutis debe existir una Memoria sobre la nivelación de

³¹⁸ Carta 70 de Julio 6 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.196.

las plantas que se cultivan en la vecindad del ecuador, que formé en 1802, fruto de mi viaje de Popayán a Quito en 1801, y que remití y dediqué a Mutis. Esta pequeña obra es como un ensayo ligerísimo de la que posteriormente he emprendido con nuevos viajes, nuevos libros y nuevos conocimientos. En ella se hallarán observaciones originales y bien importantes al cultivo del trigo y a otros frutos. ¡Cuánto se han ensanchado mis ideas sobre este objeto favorito de mis indagaciones! Si hallo apoyo y tengo el tiempo necesario, verá la Nación una Carta Botánica del Reino; verá todos los Andes en perfiles desde 40 ½ grados de latitud austral hasta 9 ½ de latitud boreal; verá a qué altura nace cada planta, qué clima necesita para vivir, y cuál es el en que prospera mejor. Mutis ni todos sus dependientes podrán negar que este modo general y filosófico de mirar la vegetación no lo he aprendido en su casa, en donde jamás se ha pensado en salir del camino común y trillado.”³¹⁹

Y así quedó reseñado por el propio Caldas, entre líneas y como un aparte de su correspondencia con Mutis, el que puede ser considerado, junto con el descubrimiento del Principio termométrico de la hipsometría, su otro gran logro científico: la concepción de la fitogeografía.



Perfil cartográfico de los Andes de Loja a Quito realizado por Francisco José de Caldas.³²⁰

³¹⁹ Carta 127 de Septiembre 30 de 1808 dirigida a José Ramón Leyva, Secretario del Virreinato y Juez Comisionado para los Asuntos de la Expedición Botánica de Santafé. pp.286-287.

³²⁰ Imagen tomada de: NIETO, Mauricio. La obra cartográfica de Francisco José de Caldas. p.127.

Básicamente, puede entenderse el término *Fitogeografía*³²¹ - o *Geobotánica*, o *Biogeografía* - como la ciencia que estudia en detalle las relaciones entre la vida vegetal y las condiciones terrestres, es decir, la fitogeografía se ocupa de estudiar en detalle el hábitat de las plantas en relación a las características geográficas de los lugares donde se encuentran.

Gracias a sus muchos viajes por la cordillera de los Andes, Caldas pudo no sólo registrar numerosos datos geográficos, termométricos, barométricos y botánicos sino también observar en detalle infinidad de variedades botánicas percatándose de sus lugares de origen y de las características de temperatura, clima y altitud de los terrenos en donde prosperaban dichas plantas. Puesto que los Andes equinociales que Caldas recorrió durante toda su vida no presentan estaciones más allá de la alternancia de temporadas de lluvia y de sequía, resultan el lugar ideal para estudiar el ámbito de altitud y clima y las condiciones geográficas (relativamente estables dada la ausencia de estaciones) en las cuales las diferentes especies y variedades botánicas han creado su nicho biológico.

En resumidas cuentas, al parecer Caldas fue el primero en analizar científicamente el hecho de que cada especie vegetal es endémica de una franja de altitud determinada y, por lo tanto, sólo se encuentra dentro de ciertos límites de altura sobre el nivel del mar (más allá de las otras condiciones geográficas necesarias tales como constitución de los suelos, niveles de lluvia y humedad y demás factores vitales para cada especie). En consecuencia, es posible describir analíticamente las franjas de altitud en las que las diversas variedades botánicas prosperan y representar estos ecosistemas en perfiles cartográficos que representen las sucesivas alturas sobre el nivel del mar junto con las especies vegetales que allí habitan.³²²

Ciertamente, la concepción de la fitogeografía constituye un gran logro de Caldas y hubiese bastado para reservarle un lugar meritorio dentro de la historia de la botánica pero, por desgracia, la abundante información y los muchos datos se fueron acumulando durante años de travesías y exploraciones y Caldas nunca llegó a redactar una obra integral que diese buena cuenta de sus hallazgos y dejara constancia de su primacía sobre la materia. Desde que llegó a concebir el principio de la fitogeografía o geobotánica, en 1801, los años fueron pasando entre trabajos diversos (ya fuese acompañando a Bonpland y Humboldt en los Andes ecuatorianos, o siguiendo las instrucciones de Mutis, en Quito y posteriormente en Santafé, en su calidad de colaborador de la Expedición Botánica, o dirigiendo el Observatorio Astronómico de San Carlos en la misma Santafé) y Caldas nunca concretó su trabajo sobre fitogeografía que bien le hubiera granjeado un lugar importante en los anales de las ciencias biológicas.

Para el año de la muerte de Mutis, en 1808 (tanto como siete años después de haber intuido el concepto de fitogeografía), Caldas continuaba planeando y dándole vueltas a su gran proyecto de escribir una obra magna y universal en la que pudiese dar cuenta de todos sus valiosos descubrimientos

³²¹ Etimológicamente, la palabra *Fitogeografía* se deriva de los vocablos griegos Φυτόν (fitón), que significa *Planta*, y Γεωγραφία (geografía), que significa descripción, estudio o representación de la tierra.

³²² Sobre el surgimiento de la concepción de la *fitogeografía* o *geografía de las plantas* en Caldas, véase: DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. pp.159-166.

geográficos y biológicos tras años de estar recorriendo y estudiando a profundidad los entornos andinos del Nuevo Reino de Granada.

Y para 1809, cuando se desempeñaba como director del Observatorio Astronómico de San Carlos en Santafé, en un informe que cursó al Virrey Antonio Amar y Borbón³²³ volvía a hacer referencia a la que sería su obra cumbre y la síntesis de una vida dedicada al estudio de las ciencias físicas y naturales:

“Estos materiales reunidos han dado origen a tres obras principales, que actualmente ocupan todos mis momentos. Permítame la bondad de Vuestra Excelencia que yo manifieste el plan y las miras de estas producciones, frutos de mi aplicación y del amor que profeso a la generosa Nación de que soy parte. [...]

PRIMERA

Colección de observaciones astronómicas hechas en el Virreinato de Santafé de Bogotá desde 1797 hasta 1805, con todas las que se han verificado en el real observatorio de esta capital, desde 180... hasta...

SEGUNDA

Cinchografía o la geografía de los árboles de quina, formada sobre las observaciones y medidas hechas desde 1800 hasta...

TERCERA

Phytografía o geografía de las plantas del Ecuador comparadas con las producciones vegetales de todas las zonas del globo entero, formada sobre medidas y observaciones hechas en la vecindad del Ecuador, desde 1800 hasta...

Tres partes principales contiene esa obra levantada sobre un vasto plan: 1ª las plantas medicinales o la Geografía médica de los vegetales; 2ª las plantas útiles a las Artes, las que sirven a nuestra subsistencia, o la Geografía económica de los vegetales; 3ª plantas cuyos usos no conocemos, o la Geografía de la vegetación en general. A estas tres partes procede una introducción o discurso sobre los grandes fenómenos del globo acerca de la congelación, del término constante de las nieves eternas, los límites de la vegetación, la temperatura, electricidad, meteoros, etc., con relación a la Geografía universal de la vegetación de nuestro planeta. Esta obra, inmensa, complicada, difícil, que exige profundos conocimientos en la Astronomía, en la Geografía, en la Botánica, en la Física y en el Cálculo, ha dado algunos pasos importantes en estos últimos meses. A pesar de esto, confieso que aún está atrasada, y que necesito muchos meses de meditaciones y de cálculos para poderla presentar a Vuestra Excelencia. Ella

³²³ **Antonio José Amar y Borbón Arguedas** (1742-1818) fue un funcionario y militar español que desempeñó el cargo de virrey, gobernador y capitán general del Nuevo Reino de Granada entre 1802 y 1810 y de presidente de la Real Audiencia de Santafé. Durante su gobierno se dio continuidad a la Real Expedición Botánica bajo la dirección de José Celestino Mutis. Tras la revuelta independentista que tuvo lugar en Santafé el 20 de julio de 1810, fue depuesto, arrestado y trasladado a Cartagena de Indias desde donde fue finalmente deportado a España y jamás regresó a territorio americano. Sobre su figura y gobierno, puede consultarse: HERRÁN, Mario. *El virrey don Antonio Amar y Borbón. La crisis del régimen colonial en la Nueva Granada*. Banco de la República. Bogotá. 1988.

aguarda el viaje a los Andes de Quindío para adquirir todo su esplendor y correr a la perfección deseada."³²⁴

Esta obra magna que proyectaba Caldas nunca llegó a concretarse pues a partir de 1810 su vida se vio inmersa en el torbellino político y militar de la lucha por la independencia de la Corona Española y hasta el año de su muerte, en 1816, nunca volvió a disfrutar del reposo y la quietud necesarios para concretar la que con seguridad hubiera llegado a ser su obra cumbre y el legado final de su vida dedicada al estudio de las ciencias.

En cuanto a la fitografía, históricamente se ha considerado a Humboldt como el padre de esta disciplina tomando como obra fundacional de la misma su texto de *Ensayo sobre la geografía de las plantas* publicado en 1805.³²⁵ Previamente, el mismo Humboldt había escrito una obra titulada *Geografía de las Plantas o cuadro físico de los Andes equinocciales y de los países vecinos, levantado sobre las observaciones y medidas hechas en los mismos lugares desde 1799 hasta 1803 y dedicado, con los sentimientos del más profundo reconocimiento, al ilustre patriarca de los botánicos, don José Celestino Mutis, por Federico Alejandro, Barón de Humboldt*; este texto fue enviado en una copia manuscrita por el Barón desde Guayaquil, en enero de 1803, con destino a la ciudad de Santafé para que fuese recibida por Mutis pero, previamente, la hizo llegar al Marqués de Selva Alegre que le había alojado en compañía de Bonpland y Caldas en su hacienda de Chillo en las cercanías de Quito. El texto fue recibido, en tránsito, por el Marqués con la indicación expresa de Humboldt de compartirlo con Caldas como entendido en la materia, quien lo leyó detenidamente y redactó varias páginas de comentarios que anexó para que llegasen a Mutis en Santafé junto con el texto original de Humboldt (redactado en francés). Así registró Caldas el suceso:

*"El señor Barón de Humboldt, que partió ha dos meses de Guayaquil, remitió a manos del señor Marqués de Selva Alegre un cañón de lata, que contenía una memoria sobre la geografía de las plantas. Este no sé por qué motivo la retuvo en su poder mucho tiempo, y no me la entregó para su remisión por mi mano, según la voluntad del mismo Barón. Yo la he detenido quince días para tomar una copia, y la remito ahora acompañada de una friolera mía, casi en el mismo género, que espero la reciba usted con bondad."*³²⁶

³²⁴ Carta 134 de Julio 1 de 1809 dirigida al Virrey Antonio Amar y Borbón. pp.300-304. El mismo texto se encuentra bajo el título de *Informe al Virrey en: Obras completas*. pp.213-226.

³²⁵ *Essai sur la géographie des plantes accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales*. Schoell et compagnie, libraires. Paris. 1805. Fue publicado bajo la rúbrica de Humboldt y Bonpland como el primero de los treinta volúmenes editados en conjunto por los dos expedicionarios para ofrecer los resultados de su viaje a la América española aunque luego fue considerado como el volumen XXVII del *Voyage aux régions équinoxiales* cuyo último tomo fue publicado en 1834. Humboldt leyó este texto en la Clase de ciencias físicas y matemáticas del Instituto Nacional de Francia el 7 de enero de 1805. Puede consultarse en español en la siguiente versión: HUMBOLDT, Alexander Von. *Ensayo sobre la geografía de las plantas. Acompañado de un cuadro físico de las regiones equinocciales*. Siglo XXI Editores. México. 2016.

³²⁶ Carta 81 de Abril 21 de 1803 dirigida a José Celestino Mutis. p.227.

Con la expresión *'una friolera mía'* Caldas hacía referencia a un texto que se ha conservado bajo el título de *Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador*³²⁷ en el cual analizaba los parámetros de altitud sobre el nivel del mar en relación a los cultivos principales del virreinato: para cada especie vegetal (el trigo, el maíz, el plátano, la papa, el cacao) Caldas especificaba el límite tanto superior como inferior de altitud en el cual era posible hallar y cultivar cada planta.

La utilidad de este estudio resultaba evidente y Caldas hacía un llamado a que se incentivasen las investigaciones pertinentes pues consideraba que un conocimiento profundo de las condiciones geográficas de altitud que regían la distribución de las plantas útiles y comestibles redundaría en beneficio del desarrollo de la agricultura y de la prosperidad económica del reino.

Finalmente, a manos de Mutis en Santafé llegaron simultáneamente tanto el texto original de Humboldt en *'un cañón de lata'* como la *'friolera'* anexa de Caldas; dos textos inéditos y novedosos que sentaban las bases de una nueva disciplina biológica y geográfica.

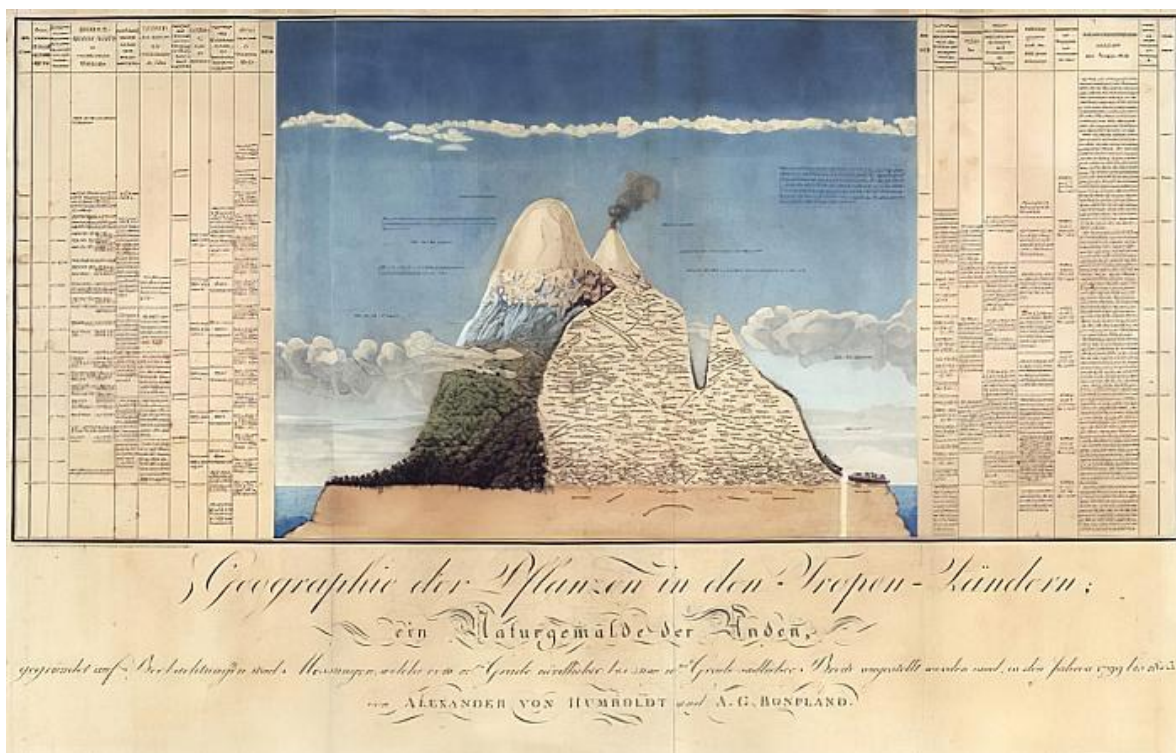


Ilustración del texto de Humboldt titulado *Ideen zu einer Geographie der Pflanzen in den Tropenländern* (*Ideas para una geografía de las plantas en países tropicales*) publicado en Tübingen y París en 1807 por F.G. Gotta y F. Schoell.³²⁸

¿Llegaron independientemente Humboldt y Caldas al mismo hallazgo simultáneamente? ¿Fue Caldas el pionero del descubrimiento de la fitogeografía y, en su convivencia con Humboldt en Quito, tomó el prusiano la génesis de la idea del científico neogranadino y la maduró en su expedición

³²⁷ CALDAS, Francisco José. *Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador*. En: *Obras completas*. pp.335-344.

³²⁸ Imagen tomada de: <https://www.meisterdrucke.uk/fine-art-prints/Baron-Friedrich-Alexander-von-Humboldt/240062/Geography-of-Plants-in-Tropical-Countries,-A-Study-of-the-Andes,-drawn-by-Schoenberger-and-Turpin,-printed-by-Langlois,-Paris-.html> [Consultado en Febrero 17 de 2020]

posterior por los Andes hasta pulirla y plasmarla por escrito para finalmente publicarla en Europa pasando a la historia como el descubridor único de la geobotánica? ¿O fue Humboldt el descubridor solitario del principio de la fitogeografía y Caldas tan sólo ofreció algunas observaciones complementarias sobre el tema sustentadas en su experiencia y en las muchas anotaciones que había hecho desde antes de conocer al Barón? Actualmente, está abierto y en desarrollo un muy interesante debate académico sobre la simultaneidad del descubrimiento de la fitogeografía por parte de Humboldt y de Caldas en el que se ha tratado de dilucidar si, en efecto, es válido seguir afirmando que el barón prusiano fue el único descubridor de la geobotánica, o si se trató de un hallazgo simultáneo de Caldas y Humboldt, o si es posible incluso adjudicar la primacía al científico neogranadino. Esta controversia resulta muy interesante y pertinente dentro del campo de la historia de la ciencia pues plantea una revisión historiográfica que rescata la figura y obra de Caldas desde una perspectiva actual que trata de entender la ciencia como un constructo cultural que surge dentro de un complejo contexto histórico, social y político y no como una mera abstracción ideal.³²⁹

No es descabellado suponer que Caldas llegó al tema de la fitogeografía de manera independiente y antes que Humboldt pues a todas luces, el científico neogranadino tenía un conocimiento mucho más profundo del entorno andino y de sus condiciones geográficas y características biológicas que el que jamás llegó a tener el científico prusiano: Caldas vivió en los Andes equinocciales durante toda su vida e hizo de ellos su campo de estudio durante por lo menos veinte años mientras que Humboldt, no obstante su asombroso talento científico, tan sólo estuvo en América cinco años y, de ellos, solamente pasó un año y nueve meses en los Andes suramericanos.³³⁰

Este debate actual en torno al descubrimiento de la fitogeografía abre para el historiador de la ciencia muchos e interesantes interrogantes en torno a cuestiones tales como la noción misma de 'descubrimiento' científico; la naturaleza eminentemente social y pública de la producción científica y la imposibilidad de un conocimiento científico que se genera por fuera de las redes de comunicación y de los ámbitos académicos reconocidos y establecidos; la concepción de la ciencia como un producto

³²⁹ En relación al debate en torno al descubrimiento de la fitogeografía por parte de Humboldt y Caldas, véase: GÓMEZ, Alberto. "Alexander von Humboldt y la cooperación transcontinental en la Geografía de las plantas: una nueva apreciación de la obra fitogeográfica de Francisco José de Caldas". En: *Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. International Review for Humboldt Studies*. HiN XVIII, 33. 2016. pp.22-49.

Y puede visualizarse, del mismo autor, la conferencia titulada *Humboldt-Caldas: Cuadro de la naturaleza y Nivelación de las plantas* impartida dentro del *Seminario de estudios humboldtianos* (Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Universidad EAFIT; Parque Explora - Medellín, 2019) disponible en:

https://www.youtube.com/watch?v=g7VM1GWbSGE&list=PLYF_2hSvZXGyd_E-PIAOC2kFuCXnuvvt&index=21&t=0s [Consultado en Junio 11 de 2020]

También son relevantes en relación a este tema, los artículos: GÓMEZ Alberto. "Sucesivas apreciaciones sobre la obra fitogeográfica de Francisco José de Caldas.". Y: VALENCIA, Darío. "Caldas y Humboldt discurren sobre la geografía de las plantas.". Ambos textos publicados en: ÁLVAREZ, Yolima. DÍEZ, Carlos. MORENO, Asdrúbal. SUÁREZ, Iván. [Editores académicos]. *Bicentenario Francisco José de Caldas, 1768-1816*. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2019.

³³⁰ En sentido estricto, Humboldt y Bonpland sólo recorrieron los Andes equinocciales entre el 30 de marzo de 1801 (cuando arribaron a Cartagena y emprendieron el camino a Santafé) y el 5 de diciembre de 1802 (cuando partieron desde el puerto del Callao, en Perú, rumbo a Acapulco con una breve escala de algunas semanas en Guayaquil).

cultural determinado por las complejas condiciones históricas en las que surge; la naturaleza eminentemente eurocéntrica de la ciencia moderna del siglo XVIII y la manera como se establecieron dinámicas de dependencia y centro periferia cuando esa 'ciencia universal y verdadera' fue exportada e implantada en contextos no europeos y, finalmente, la relación entre ciencia, política y dominio imperial; todas éstas son cuestiones álgidas y complejas que, de hecho, constituyen la materia prima para el trabajo del historiador de la ciencia que pretenda alcanzar una comprensión integral de su campo de estudio.³³¹

6.3 – Regreso a Santafé I. El Real Observatorio Astronómico de San Carlos. 1805-1810.

Todos estos importantes asuntos ocuparon el tiempo y la mente de Caldas durante su permanencia en Quito en el lapso comprendido entre septiembre de 1801 y marzo de 1805: casi cuatro años dedicados completamente al estudio de la astronomía, la geografía, la topografía y la botánica y en los que se sucedieron eventos muy importantes tales como la intensa (aunque corta) interacción con Humboldt y Bonpland a comienzos de 1802 y, en marzo del mismo año, su vinculación a la Real Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada bajo la dirección de Mutis.

Tiempo después, en el año de 1809, en un informe que cursó al virrey Amar y Borbón en el que daba cuenta de sus muchos trabajos en beneficio de la Expedición Botánica y del gobierno del reino en general, Caldas recordó de la siguiente manera aquellos años intensos que consagró al estudio y a la exploración sistemática de los entornos andinos de la Provincia de Quito:

“Este descubrimiento [el de un método para medir las montañas por medio del termómetro] y algunas otras producciones me valieron la amistad y la protección del ilustre Mutis. Este sabio me agregó a la Expedición de que era Director, en marzo de 1802, y me comisionó para recoger la vegetación de la Provincia de Quito, y para describir, diseñar y esqueletar todas las especies de Quinas que producen esas regiones feraces; para determinar astronómicamente la posición geográfica de esos pueblos; para confirmar con nuevas observaciones el descubrimiento de que he hablado; para levantar la carta geográfica y corregir las equivocaciones de Pedro Maldonado³³² y de La Condamine; para describir los usos, las costumbres, el comercio y las producciones de esta bella porción del Virreinato de Vuestra Excelencia. Para el desempeño de tan grande y complicada comisión me dio un telescopio acromático, un cronómetro, algunos tubos de barómetro, tres termómetros, algunos libros, y para los gastos de transportes y mi honesta manutención, me libró en diferentes épocas, sobre las reales cajas de Quito y Popayán, la cantidad de mil y setecientos pesos. Con estos auxilios, y con los que el patriotismo de don Jph. Ignacio Pombo franqueó, recorrí los distritos de Ibarra, Otavalo, cercanos de Quito; las selvas ardientes y deletéreas de Malbucho y de Santiago; los desiertos de Inta, Tagualó, Riobamba,

³³¹ En relación a la noción de descubrimiento científico, véase: BRANNIGAN, Augustine. *The social basis of scientific discoveries*. Cambridge University Press. 1981.

³³² Caldas hace referencia a **Pedro Vicente Maldonado Palomino y Flores** (1704-1748) quien fue un reconocido erudito nacido en la Real Audiencia de Quito y que destacó como astrónomo, topógrafo, geógrafo, físico, matemático y político y fue uno de los más destacados colaboradores de la *Misión geodésica francesa*.

Alausí, la Gobernación de Cuenca, el Corregimiento de Loja hasta los confines del Virreinato de Vuestra Excelencia, con los del Perú; las Provincias de Pasto, Patía, Popayán, inmediaciones de Cali y Buga, La Plata, Timaná y Neiva. Cerca de cuatro años gasté en esta penosa expedición sin percibir sueldo, y con solo los gastos necesarios para mi transporte y manutención.”³³³

De esta manera, los años de permanencia en Quito fueron determinantes para la consolidación personal de Caldas como hombre de ciencia y para posicionarlo, con sobrados méritos, como uno de los más importantes miembros de la Real Expedición Botánica.

Como deja traslucir la misiva anterior, el trabajo resultaba abrumador en la medida en que Caldas, en solitario, tenía que fungir como explorador, observador, recolector y preparador de muestras, secretario y escribano además de que la ardua labor de naturalista implicaba un riesgo para la propia vida en razón de las exploraciones que había que realizar en lugares peligrosos o en zonas maléficas para la salud; no obstante los riesgos, las estrecheces económicas y las penurias, el trabajo no se veía recompensado con un sueldo como tal más allá de los gastos mínimos de manutención.³³⁴

Concluidos los asuntos que lo retenían en la Presidencia de Quito - y tras haber cumplido en su calidad de colaborador de la Real Expedición Botánica con todas las instrucciones recibidas de parte de Mutis desde Santafé durante tres años y medio -, Caldas abandonó Quito el 23 de marzo de 1805.

El deseo de Caldas era regresar al Nuevo Reino de Granada y radicarse en Santafé para trabajar de manera presencial bajo la guía de Mutis vinculándose de lleno a la Expedición Botánica; además, había noticias preocupantes sobre la salud de Mutis (que contaba setenta y tres años en aquel momento) y Caldas temía que, de permanecer más tiempo en la Provincia de Quito, pudiese producirse la muerte de su mentor negándosele la posibilidad de llegar a conocerlo personalmente.

³³³ Carta 134 de Julio 1 de 1809 dirigida al Virrey Antonio Amar y Borbón. p.300.

³³⁴ Como muestra de los peligros a los que se exponía Caldas frecuentemente en el curso de sus investigaciones científicas, vale la pena citar la narración que él mismo envió a José Celestino Mutis en la que describía en detalle su ascenso al cráter del volcán Imbabura en el que estuvo a punto de morir (en septiembre de 1802):

“Comenzamos a escalar esta terrible montaña. El cráter es inaccesible por todas partes, excepto por la del Este, que seguramente fue por donde arrojó todo el material al tiempo de su erupción. [...] Yo deseaba con ardor ver este cráter desconocido, y desprecié todos los peligros. De precipicio en precipicio llegamos a las nueve de la mañana a la orilla del cráter, agotado de sudor y de cansancio. ¡Qué espectáculo! El horror, y un secreto placer se apoderaron de mi alma. No me cansaba de ver y de admirar de cerca a esta naturaleza espantosa. Bocas quemadas y destrozadas, puntas, pómez, arena, azufre, nieve, greda, precipicios y confusión eran los objetos que se presentaban a mis ojos. [...] Esta pendiente de pómez era peligrosa, porque tenía como cien varas de longitud, que iba a terminar en rocas terribles, al fondo mismo del cráter. Yo temí, pero la facilidad con que había pasado mi guía me animó y entré en el peligro. Apenas había dado tres pasos sobre la pómez cuando veo que todo se remueve, y no pudiendo sostenerme en pie me siento, y aun en esta situación comienzo a precipitarme hacia el fondo de este espantoso cráter; creo llegado el fin de mi vida, y doy una voz a mi guía. Este indio generoso vuelve la vista, me ve perdido, se avanza hacia mí con una intrepidez inaudita, se arroja al mismo peligro en que me veía, me ase del brazo derecho, me arroja a dos varas del precipicio, y me da la vida. Mi alma pasó en este momento de todos los horrores de la muerte a los sentimientos del más dulce y vivo reconocimiento. ¡Ah! transportado, beso la mano de mi libertador y le testifico de todos modos mi agradecimiento. Este indio se llama, porque es justo nombrarle, Salvador Chuquín.” Carta 73 de Septiembre 23 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. pp.206-208.

Con su tono característico de sentimentalismo profundo (acorde con el espíritu romántico de la época), Caldas mencionaba en sus cartas el gran deseo que tenía de cerrar sus asuntos y comisiones en Quito y viajar a Santafé para ponerse bajo la tutela directa de su admirado protector:

“¡Ah! Ilustre sabio, yo no podré vivir si no consigo estar al lado y bajo la dirección de Mutis. Tenga usted compasión del mayor idólatra de sus virtudes, de sus luces y de todo lo que pueda pertenecer de algún modo a usted. Sáqueme usted de este estado de amargura, de abatimiento y de temores. Concédame usted la dulce satisfacción de servirle de cerca, satisfacción que miro como el colmo de mi gloria. Desespero por hallarme en Santafé para arrebatarme sus trabajos, para encargarme del arreglo de las cosas bajo de su sabia dirección, para aliviar los días de uno que miro como a padre por... pero mi alma está conmovida en este instante; yo no vivo, me hallo lejos de Mutis. Mutis se halla enfermo. ¡Qué triste situación! Yo voy a regresar precipitadamente a Santafé, voy a acortar mis trabajos, y dentro de algunos meses me voy a presentar en la casa del ilustre Mutis.”³³⁵

Emprendió así Caldas el camino del retorno y ya en mayo de 1805 se encontraba de vuelta en su natal Popayán tras una ausencia de casi cuatro años; para diciembre del mismo año, finalmente se presentó en Santafé impulsado por el anhelo de encontrarse con Mutis personalmente y de integrarse de cuerpo presente al selecto grupo de estudiosos que constituían la Expedición Botánica.³³⁶

Por lo demás, Caldas – a sus treinta y ocho años - llegaba como un viajero curtido y veterano, henchido de horizontes y experiencias, y con un bagaje como naturalista que lo ponía muy por encima de cualquier otro de los discípulos de Mutis pues durante los últimos cuatro años había recorrido y estudiado a fondo el entorno natural de las Andes equinocciales como ningún otro hombre de ciencia lo había hecho antes que él; a su vez, se había convertido a fuerza de estudio y dedicación en un virtuoso de la astronomía, la geografía y la botánica y, por si no fuera suficiente, era el neogranadino que más había conocido e interactuado con el afamado Barón Humboldt quien no había escatimado elogios para los claros e indudables talentos científicos del payanés. Y como si no bastasen sus méritos personales, llegó con un verdadero tesoro en sus valijas como testimonio fehaciente de su enorme capacidad de trabajo y de su brillantez intelectual: *“El diciembre de 1805 se presenta Caldas en Santafé acompañado por una recua de mulas con dieciséis cargas de materiales destinados a la Casa de la Botánica. Su herbario como ya se ha indicado, era una respetable colección de aproximadamente seis mil exsiccados a los que acompañaban, además de los volúmenes de descripciones y de los diseños, numerosas semillas y una colección de cortezas de las principales plantas útiles. Entre esta colección cabe destacar las ‘eptipas’ o impresiones de plantas tomadas en vivo sobre papel con la ayuda de una prensa portátil. Estas impresiones fueron de enorme*

³³⁵ Carta 88 de Enero 6 de 1804 dirigida a José Celestino Mutis. pp.238-239.

³³⁶ Es más que probable que Caldas, durante sus años de estudiante universitario en Santafé (en el lapso de 1788 a 1792), ya hubiese visto a Mutis en algunas ocasiones dentro del ámbito universitario o ejerciendo algunas funciones sacerdotales durante las celebraciones religiosas y lo conociera de vista pues Mutis, para esos años, ya era un personaje influyente y reconocido dentro del reducido entorno santafereño; no obstante, no hay ninguna prueba ni testimonio que certifique que llegaron a interactuar en esos años pues claramente Caldas era sólo un estudiante de provincia enclaustrado en sus estudios y Mutis ya era la máxima figura intelectual del reino. Así, Caldas y Mutis sólo llegaron a conocerse personalmente en diciembre de 1805 y tras cuatro años de mantener una constante y prolífica correspondencia.

utilidad para ilustrar muchas de las especies ecuatorianas, las cuales no habían sido vistas en vivo por ninguno de los pintores [de la Expedición Botánica], y sin embargo pudieron ser dibujadas con plena exactitud en cuanto a su forma y proporciones, aunque para los colores debió confiarse en las notas y en los vívidos recuerdos de Caldas."³³⁷

A su llegada a Santafé, Caldas tenía la aspiración de seguir dedicándose principalmente a labores botánicas tal y como había hecho durante los últimos cuatro años en la Provincia de Quito, sin embargo, Mutis decidió que Caldas era el personaje idóneo para ocuparse de las labores astronómicas de la Expedición Botánica pues ya había dado sobradas pruebas tanto de su talento como astrónomo como de su meticulosidad como observador.

De esta manera, Caldas fue designado como el responsable de las tareas astronómicas de la Expedición y pasó a ocupar el cargo de director del recién construido Real Observatorio Astronómico de San Carlos en el que se desempeñaría hasta 1810 y en el que también destacaría gracias a su acostumbrada devoción al trabajo.³³⁸

En su recién estrenado cargo de Director del Real Observatorio, Caldas muy pronto se sintió a sus anchas y pletórico de felicidad pues, por primera vez, pudo ejercer su pasión científica ya no como una mera entretenimiento excéntrica sino como una verdadera profesión reconocida, respetada y respaldada por un salario decoroso aunque modesto. Tras años de trabajo abnegado, Caldas por fin pudo sentirse como un hombre de ciencia reconocido y respetado entre los intelectuales del reino y partícipe de la principal empresa científica del virreinato.³³⁹

Durante los cinco años en los que ocupó el cargo de director del Observatorio, Caldas siguió proyectando la realización de una gran carta geográfica del reino que representaría la síntesis y el culmen de su labor científica: un Atlas majestuoso realizado de acuerdo a los más modernos criterios científicos y en el que por primera vez se hallarían las poblaciones y los accidentes geográficos meticulosamente fijados con base en precisas observaciones astronómicas de latitud y longitud junto con amplios perfiles cartográficos en los que se encontrarían detalladas las condiciones hipsométricas, termométricas y fitogeográficas de cada región; además, en la carta geográfica se incluiría un extenso compendio de las especies botánicas y zoológicas de los diversos ecosistemas y todo el trabajo se

³³⁷ DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo VI. pp.138-139.

³³⁸ *"La obra, encargada a fray Domingo Petrés se inició en el solar de la Casa de la Botánica el 24 de mayo de 1802 y se culminó el 20 de agosto de 1803. Era este el primer observatorio construido en América y con él la astronomía alcanzaba una nueva dimensión, dado que en la novedosa construcción, debidamente equipada, se podían determinar con comodidad coordenadas geográficas a través de la posición de los astros, y establecer mediante la medición de las efemérides, las longitudes; con tales medidas se podían elaborar mapas cartográficos precisos. Algunos de los instrumentos que se utilizarían en el Observatorio fueron traídos por Caldas desde Quito. [...] de otra parte, [Caldas] consideraba el Observatorio Astronómico como un 'objeto secundario', con algunos defectos en su concepción arquitectónica, recién construido pero sin estrenar, y donde los instrumentos aportados por el Rey aún permanecían sin desempacar."* DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo VII. pp.155-156.

³³⁹ Su discípulo Lino de Pombo (que luego se convertiría en su primer biógrafo) recordaba así aquellos años en los que Caldas se ocupó de dirigir el Observatorio: *"La época más dichosa de la vida de Caldas fueron los años en que gozó de la plena y pacífica posesión del Observatorio. Digno sacerdote de la divinidad tutelar de aquel santuario elegante consagrado fervorosamente a su culto, pasaba allí la mayor parte del día con sus libros, con sus instrumentos, o con la pluma en la mano, en las diversas tareas científicas a que se había dedicado; pasaba allí también parte de la noche si el estado del cielo era favorable para las observaciones astronómicas; y allí le amanecía, tras de pocos ratos de inquieto sueño, en su catre de camino, cuando así lo demandaba la circunstancia grave de algún notable fenómeno celeste."* POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. IV. p.28.

complementaría con un trabajo antropológico de fondo que daría cuenta de las particularidades culturales de cada región representada.



El Real Observatorio Astronómico de San Carlos, del que Caldas fue director entre 1805 y 1810.

*“Yo me hallo con mediana salud sepultado en el observatorio y entregado a la contemplación de los cielos, de esta bóveda que publica a todos los momentos la gloria de su Autor. Yo soy feliz en esta soledad, nada turba un reposo fundado en unos conocimientos sublimes y virtuosos.”*³⁴⁰

Además de tan ingente proyecto que nunca llegó a materializarse, Caldas pudo dar rienda suelta a su pasión astronómica de juventud contando ahora con los mejores y más modernos instrumentos y se ocupó con tesón de realizar múltiples y valiosas observaciones tales como cálculos de longitud y latitud, observaciones lunares, seguimiento de fenómenos celestes como tránsitos solares y lunares, observación detallada de solsticios y equinoccios e incluso observación de cometas.³⁴¹

³⁴⁰ Carta 107 de Febrero 28 de 1805 dirigida a Antonio Arboleda. p.263. Imagen tomada de: <https://www.civico.com/bogota/noticias/visite-el-observatorio-astronomico-nacional-de-colombia> [Consultado en Noviembre 1 de 2019]

³⁴¹ Como muestra del trabajo astronómico de Caldas durante aquellos años, véase el artículo: PORTILLA, José Gregorio. “Caldas y el gran cometa de 1807.”. En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. 41(159). Abril-Junio de 2017. pp.244-252.

Esta tranquila estabilidad tan afín al carácter de Caldas, basada en el trabajo rutinario y sistemático, se vio trastocada el 11 de septiembre de 1808 a causa del fallecimiento de Mutis a la edad de setenta y seis años.³⁴²

La muerte del tan querido y admirado 'Sabio Mutis' dejó temporalmente sin guía a la Expedición Botánica de la cual él había sido fundador en 1783 y director durante veinticinco años ininterrumpidos; más que un funcionario virreinal, Mutis en realidad había sido el maestro y la inspiración de toda una generación de talentosos jóvenes neogranadinos que habían visto en él la encarnación del ideal de hombre de ciencia ilustrado.

Tras morir Mutis, vino un tiempo de incertidumbre en el que la Expedición quedó suspendida en espera de que el virrey Amar y Borbón decidiese el curso a seguir y el futuro de los colaboradores de la empresa que temían que la iniciativa científica a la que habían dedicado su vida, y de la que dependía su sustento, desapareciese entre trámites burocráticos y cayese en el olvido el ingente trabajo realizado durante veinticinco años.

"Hasta hoy nada sabemos; el Virrey cerró la casa,³⁴³ y ha cinco meses que esperamos el nuevo plan y nuestro destino. Se dice que yo quedaré encargado del Observatorio y asociado en la parte botánica para la edición de la Flora. El señor Mutis pidió se me asignaran mil pesos; quién sabe lo que hará el Virrey. Mi estado presente es lamentable; se me privó de los auxilios de casa, mesa, criados, luz, lavandera, y se puso en problema mi sueldo de cuatrocientos pesos, hasta el punto de necesitar de una declaración del Juez. Sin los socorros que me han prestado los amigos, no habría podido subsistir."³⁴⁴

Caldas pensó que, tras siete años de trabajo infatigable, consagrado en cuerpo y alma a la Expedición tanto en la sección botánica como en la astronómica (sin mencionar sus labores cartográficas) y tras haber contribuido con valiosos aportes traídos desde la Provincia de Quito a los inventarios botánicos (no menos de seis mil muestras recogidas y catalogadas por él mismo), se había convertido en el miembro más destacado de la empresa y había sumado méritos más que suficientes para ser designado como el sucesor de Mutis y recibir el cargo de director general de la Expedición Botánica.

Además, resultaba muy significativo el hecho de que el mismo Mutis, de manera muy formal, había presentado a Caldas al virrey Amar y Borbón en febrero de 1806 y, según el testimonio de Caldas, las palabras que Mutis empleó en presencia del virrey dejaban muy en claro la alta estima que le profesaba y, aún más, su clara intención y deseo que fuese Caldas quien le sucediese en la dirección de la Expedición Botánica cuando se diese su fallecimiento:

³⁴² Caldas dedicó a Mutis un sentido panegírico que fue publicado en el periódico santafereño *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* el 11 de septiembre de 1808 (el mismo día del fallecimiento de Mutis). Véase: CALDAS, Francisco José. *Artículo Necrológico del señor J.C. Mutis*. En: *Obras completas*. pp.19-23.

³⁴³ La Casa de la Botánica que era la sede de la Expedición Botánica en donde se hallaban todos los materiales relativos a ella y en la que se realizaban los trabajos de estudio y clasificación de los naturalistas y las labores de escribanos y pintores. El edificio del Real Observatorio Astronómico de San Carlos se hallaba en sus terrenos.

³⁴⁴ *Carta 131 de Febrero 6 de 1809 dirigida a Santiago Arroyo*. pp.296-297.

*"Nada sabía, ni esperaba, creía, sí, que era una simple ceremonia de atención. Entramos en Palacio, ya el Virrey advertido se presentó en su salón y nos dio asiento. Mutis, recobrando aquel aire severo y en tono majestuoso dijo: "He cumplido setenta y cinco años gastados en el progreso de las ciencias, mis fuerzas siento que se debilitan y mis trabajos se aumentan. Para poner a cubierto al Soberano, a la Nación y a mi honor me he procurado un apoyo, un báculo en mi ancianidad, un hombre en quien pueda depositar mis descubrimientos y mis luces, un hombre que sea mi confidente, mi consuelo y mi apoyo, y el heredero de mis tales cuales conocimientos. Este es don F. J. de Caldas, que tiene Vuestra Excelencia presente y a quien tengo el honor de presentar. Cuatro años ha que le tengo en la Provincia de Quito, y ahora le he llamado a mi lado. Yo imploro la protección de Vuestra Excelencia para que eleve mis deseos al ilustre Ministro de Indias, y que yo muera con el consuelo de dejar a mi Nación un sucesor que sabrá sostener su honor y mi reputación,""*³⁴⁵

Y así, aunque todo hacía prever que Caldas sería el sucesor de Mutis como director de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada y el heredero honorario de su preeminencia intelectual, el testamento del sabio legó la dirección de la Expedición a su sobrino Sinforoso Mutis y Caldas quedó al frente de la parte astronómica de la empresa manteniendo su cargo de director del Observatorio Astronómico.

Vino entonces un momento de decepción para Caldas pues se sintió despreciado por la última voluntad de Mutis que, al parecer, optó al final por privilegiar el parentesco sobre la abnegación que siempre había demostrado Caldas por su trabajo. Los conocidos sentimientos de amargura, frustración y auto conmiseración volvieron a aflorar en la psiquis de Caldas quien, tal como había ocurrido con Humboldt seis años antes, de nuevo vio heridos sus afectos y se sintió rebajado en su valía como si sus méritos científicos no fuesen suficientes y no fuese digno merecedor de recibir una justa recompensa por sus muchos y valiosos trabajos.

Las relaciones personales que Caldas estableció con Humboldt en 1802 y con Mutis entre 1801 y 1808 fueron las cúspides de su vida científica y pueden verse como dos de los afectos personales más profundos (con visos de admiración desmedida y sentimentalismo desbordante en ambos casos), que cultivó en su vida adulta; ambas relaciones comenzaron con sentimientos de euforia y veneración y con las palabras más obsequiosas para terminar, tras un episodio traumático de ruptura, con una percepción de rechazo y de desprecio. Al final, en ambos casos quedó en Caldas un resentimiento profundo que afloraba en sus palabras posteriores y la sensación de haber sido traicionado y despreciado en detrimento de otros hombres (Carlos de Montúfar y Sinforoso Mutis) que, a sus ojos, no eran merecedores de los dones recibidos.

No obstante sus reservas, Caldas se sometió a las nuevas directrices impartidas por el virrey y asumió el nuevo orden establecido tras la muerte de Mutis; al final, fue ratificado en sus funciones y no dejó de comentar a su amigo Santiago Arroyo la agrídulce sensación que le embargó al constatar que

³⁴⁵ Carta 107 de Febrero 28 de 1805 dirigida a Antonio Arboleda. p.264.

apenas había llegado a asegurar un salario digno tras toda una vida de trabajos y penurias y siendo ya un hombre maduro:

“Aún no había enjugado las lágrimas de la pérdida de mi padre,³⁴⁶ cuando el Virrey nos hizo saber un plan dilatado para la continuación de esta Expedición Botánica. A mí me deja Jefe independiente en el Observatorio, y me asocia a la continuación de la Flora de Bogotá, con mil pesos. También me dio con elogio la cátedra de matemáticas, que hoy tiene doscientos pesos de renta. De este modo, mi Santiago, he asegurado el pan a los treinta y nueve años de trabajos. ¡Con qué lentitud y con qué miseria se pagan los conocimientos!....”³⁴⁷

Al final, y a pesar de las desavenencias personales con Sinforoso Mutis, Caldas aceptó continuar en su cargo de director del Observatorio pero luchó por recuperar sus aportes botánicos a la Expedición alegando que le pertenecían pues los había adquirido a costa de muchos trabajos y penurias; su temor era que, faltando el sabio Mutis, todo el trabajo de la Expedición cayera en la anarquía y se perdiera irremediablemente y, por lo tanto, planeó recuperar al menos sus aportes personales para organizarlos, editarlos y finalmente publicarlos como un libro independiente de su autoría.

Como tantos otros, nunca llegó a concretarse este proyecto de Caldas pues tan sólo un año después de haberse formalizado el nuevo orden dentro de la Expedición Botánica, estalló en Santafé la revuelta independentista de 1810 que puso fin al gobierno virreinal y en la que muchos miembros de la Expedición estuvieron implicados (incluidos Caldas y Sinforoso Mutis). Los invaluable materiales, colecciones, herbarios, manuscritos, instrumentos y demás pertrechos de la Expedición Botánica terminaron siendo decomisados en 1816 por las tropas españolas que, bajo el mando del general Pablo Morillo, lograron recuperar brevemente el control del reino y fueron embalados a toda prisa en ciento cuatro baúles rumbo a España; tras haber sido trasladados e inspeccionados en el palacio real, estos cajones fueron remitidos al Real Gabinete de Historia Natural y al Real Jardín Botánico de Madrid.³⁴⁸

6.4 - Regreso a Santafé II. Caldas como autor ilustrado y divulgador científico: el *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. 1808-1810.

Un aspecto importante de la figura de Caldas, aparte de su papel como hombre de ciencias, fue la de autor y divulgador científico. Para los años de su madurez y consagración como científico, en el lapso comprendido entre 1805 y 1810, Caldas también cultivó - por iniciativa propia y con el afán de

³⁴⁶ El padre de Caldas, don **José de Caldas y Rodríguez de Camba** murió en Popayán el 24 de enero de 1809 a la edad de setenta años (había nacido en la feligresía de Santa Mariña de Arcos da Condesa, en el municipio de Caldas de Reis, en Galicia, España, en 1738).

³⁴⁷ *Carta 132 de Marzo 6 de 1809 dirigida a Santiago Arroyo*. pp.297-298.

³⁴⁸ Como recuento general de la gran empresa científica que fue la Expedición Botánica, véase: PÉREZ, Enrique. *José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*. Fondo FEN Colombia. Santafé de Bogotá. 1998. En relación a los años finales de la Expedición y al destino final de sus materiales, resultan muy ilustrativos los capítulos XV, XVI y XVII de esta obra. pp.265-303.

contribuir en algo a la ilustración del reino – una faceta de hombre de letras que resulta muy significativa e importante para comprender su mentalidad y las motivaciones últimas de su labor científica.

No hay que perder de vista el hecho de que Caldas pertenecía a la aristocracia criolla que, para finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, se inspiró en los ideales de la Ilustración europea que enaltecía la racionalidad, el espíritu científico y la educación como directrices de un nuevo orden político que debía conducir a la humanidad a una nueva era de progreso y bienestar.³⁴⁹

Siendo Caldas un entusiasta de los ideales humanistas de la filosofía ilustrada que había visto encarnados en su maestro José Félix de Restrepo, en la admirada figura del Barón Humboldt y en la erudición y humanismo de Mutis, resulta entendible que, en cuanto tuvo cierto reconocimiento social y profesional y los medios materiales para hacerlo, Caldas hubiese emprendido una iniciativa de carácter eminentemente social que buscaba la consolidación de una clase criolla ilustrada.

Muy consciente de la necesidad de consolidar, dentro del vasto territorio del Nuevo Reino de Granada, una comunidad de hombres cultos e ilustrados, devotos de las ciencias y de la filosofía, y embebidos del espíritu de renovación que campeaba en Europa, Caldas emprendió la labor de editar e imprimir una publicación de carácter científico y humanista que sirviese como lugar de encuentro de una comunidad de criollos ilustrados.

Y así, para octubre de 1807, Caldas emprendió, en calidad de director y editor, la publicación del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* que fue la primera publicación de carácter eminentemente científico que circuló en el Nuevo Reino de Granada entre 1808 y 1810 y que llegó a constituirse como un lugar editorial de encuentro de la comunidad de los criollos ilustrados.³⁵⁰

No obstante el entusiasmo que las ideas ilustradas despertaban en el contexto local del Nuevo Reino de Granada desde finales del siglo XVIII, antes de la publicación del *Semanario* no se había consolidado una verdadera comunidad de criollos aristócratas ilustrados que, conscientes de su preeminencia social y de su poder económico, pudiesen concretar reformas políticas de fondo acordes con el espíritu de la modernidad. En consecuencia, el proyecto de Caldas de consolidar un espacio editorial divulgativo iba mucho más allá de la simple publicación de un periódico pues, en el fondo, se trataba de una iniciativa ideológica de fondo que pretendía generar un cambio profundo dentro de la tradicionalista y ya desgastada mentalidad colonial.

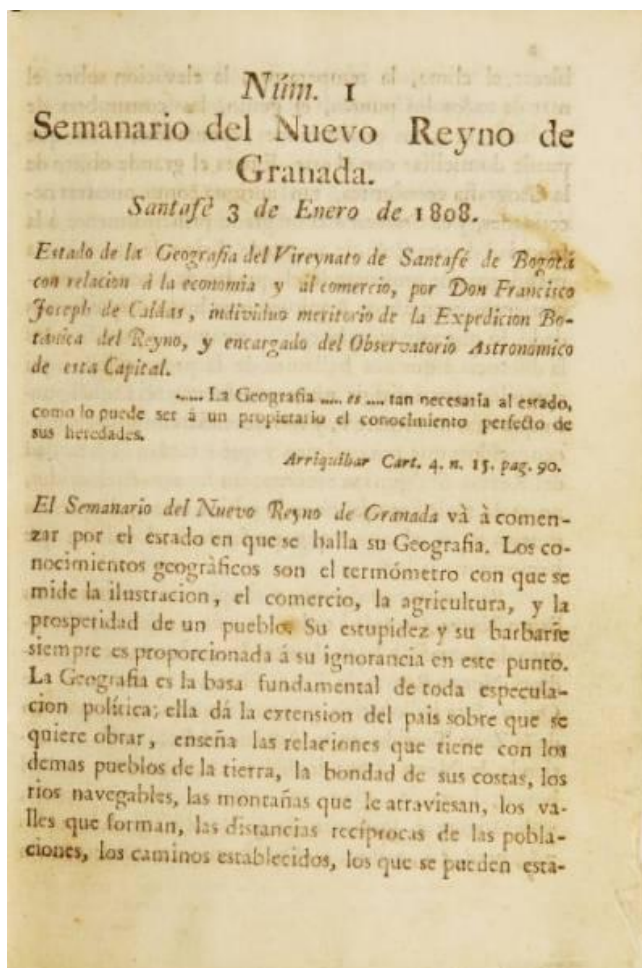
³⁴⁹ “Caldas fue un representante de su tiempo, un miembro de la comunidad ilustrada criolla, que intentó lograr para los intelectuales del reino una posición de privilegio en la sociedad y un reconocimiento frente a la comunidad letrada de Europa, valiéndose para ello de la práctica científica, que fue la motivación más grande de su vida.” SUÁREZ, Iván. *Francisco José de Caldas y Thenorio (1768-1816) Biografía*. p.24.

³⁵⁰ Todos los números publicados del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* entre 1807 y 1810 están disponibles (en versión digital sobre el facsimilar original) para su consulta virtual en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd [Consultado en Junio 16 de 2019]

Y, para una edición moderna e integral, puede consultarse: *Semanario del Nuevo Reino de Granada*. Biblioteca popular de cultura colombiana. 3 Volúmenes. Editorial Minerva. Bogotá. 1942.

Durante los dos años en los que circuló, el *Semanario* llegó a ser el más importante instrumento de expresión y difusión del pensamiento criollo en la medida en que logró consolidarse como una verdadera revista científica a pesar de las enormes dificultades que implicaba tanto producir materialmente el periódico como obtener los artículos suficientes para publicar y, sobre todo, cubrir los gastos en la medida en que apenas llegaron a ser 87 los suscriptores permanentes dispersos en toda extensión del virreinato (la mayoría estaban radicados en las ciudades principales tales como Santafé, Cartagena y Popayán).

Por otra parte, tanto la prensa como las publicaciones informativas seriadas y el periodismo aún eran novedades dentro del contexto cultural de la colonia y no existía una cultura lectora receptiva a este tipo de manifestaciones divulgativas que seguían el ejemplo de la ya muy arraigada tradición de la prensa europea. En el caso del Nuevo Reino de Granada, la prensa escrita apenas había comenzado en 1785 y el *Semanario* sólo había sido precedido por un puñado de modestas publicaciones periódicas que no lograron consolidarse y desaparecieron rápidamente.³⁵¹



Portada del primer número del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* aparecido el 3 de enero de 1808.³⁵²

³⁵¹ Como detallado y reconocido estudio sobre el *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*, su contexto, y sus implicaciones, véase: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.

³⁵² Imagen tomada de:

A pesar de los obstáculos materiales y culturales, el *Semanario* logró consolidarse durante los dos años en lo que circuló como una revista científica formal y en él aparecieron importantes artículos de autoría de Caldas y de otros autores neogranadinos e incluso un texto de Humboldt relativo a fitogeografía.³⁵³ Más allá de la pluralidad de los temas tratados, el propósito de la publicación iba mucho más allá de la letra impresa pues, en sintonía con la inspiración ilustrada de sus autores, el *Semanario* pretendía convertirse en un instrumento político e ideológico contundente que terminara por propiciar cambios reales dentro del contexto colonial del Nuevo Reino de Granada sin renunciar a la posibilidad de transformarse en una verdadera institución académica digna de ser tenida en cuenta como un interlocutor válido en el contexto internacional de las publicaciones científicas ya consolidadas en el territorio europeo desde siglos atrás.³⁵⁴

Así, los objetivos del *Semanario* fueron el de consolidar una comunidad ilustrada criolla y el de incentivar el estudio de las ciencias divulgando los conocimientos útiles y prácticos que pudieran transformar al reino y propiciar el surgimiento de una nueva era de modernidad, progreso y bienestar universales: estudios topográficos para abrir caminos e incentivar el comercio, estudios botánicos y meteorológicos para desarrollar la agricultura y maximizar la explotación de los recursos naturales, estudios geográficos para conocer a fondo las características del territorio para desarrollar la economía: “*El Semanario cubrió prácticamente todas las disciplinas científicas relacionadas con la naturaleza. En sus páginas se trataron temas relativos a la aclimatación, la agricultura, la astronomía, las bellas artes, la botánica, el comercio, la educación, la estadística, la geografía, la higiene, la medicina, la meteorología, la propagación de especies vegetales y de animales, la zoología, el aprovechamiento de los recursos naturales y las industrias.*”³⁵⁵

Al final, la agitación política y social que se había ido incubando desde finales del siglo XVIII terminó por generar una revuelta popular en 1810 - encabezada por los mismos criollos ilustrados a los que se ha hecho referencia y entre los cuales se contaba Caldas - y el orden virreinal y la sumisión a la Corona Española terminaron abruptamente y fueron reemplazados por el proyecto de una nueva nación independiente, soberana, moderna e ilustrada.

<https://www.banrep.gov.co/impresiones-de-un-viaje/index.php/contexto/index?view=comision&show=1>
[Consultado en Junio 16 de 2019]

Todos los números publicados del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* entre 1808 y 1810 están disponibles (en versión digital sobre el facsimilar original) para su consulta virtual en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia en: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd [Consultado en Junio 16 de 2019]

³⁵³ El artículo de Alexander von Humboldt titulado “*Geografía de las Plantas o Quadro físico de los Andes Equinoxiales y de los países vecinos; levantado sobre las observaciones y medidas hechas sobre los mismos lugares desde 1799 hasta 1803, y dedicado, con los sentimientos del más profundo reconocimiento, al ilustre Patriarca de los Botánicos Don Joseph Celestino Mutis*” fue publicado entre abril y junio de 1809 entre los números 17 y 25 del *Semanario*. Para un inventario total de los artículos y autores publicados en el *Semanario* a lo largo de toda su existencia, véase el detallado índice incluido en: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Anexo 1. pp.321-378. Igualmente, la lista completa de los suscriptores permanentes del *Semanario*, especificando su ciudad de residencia, se halla como Anexo 2 en la misma obra entre las páginas 379 y 381.

³⁵⁴ Publicaciones científicas periódicas tan famosas y respetadas como el *Journal des Savants* (publicado en París desde 1665) o las *Philosophical Transactions* de la Royal Society of London for Improving Natural Knowledge (publicadas en Londres desde 1665).

³⁵⁵ DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Capítulo VII. p.176.

Los criollos aristócratas, viéndose a sí mismos como la clase social privilegiada, ilustrada y progresista, llamada a regir los destinos de la nueva república soberana, terminaron creando un estado fallido sumido en la anarquía y la guerra civil entre facciones políticas irreconciliables (confrontación en la cual Caldas participó).

En medio del caos reinante, las pocas empresas e iniciativas científicas que habían logrado florecer y consolidarse tras superar innumerables dificultades en el entorno colonial o que apenas estaban tratando de afianzarse (la Expedición Botánica, el Real Observatorio Astronómico, el *Semanario*, el proyecto siempre aplazado de Caldas de elaborar un gran Atlas geográfico y cultural del reino) terminaron siendo relegadas al olvido y el sueño de la generación de los criollos ilustrados de instaurar una verdadera cultura científica en la que se promoviera el estudio de las ciencias y la aplicación útil del conocimiento en pos del progreso y el bienestar de la nación y de sus habitantes nunca llegó a materializarse.

6.5 - Matrimonio y vida familiar. 1810.

La vida adulta de Caldas debe entenderse en función de su dedicación al estudio y práctica de las ciencias físicas y naturales; en gran medida, las vivencias comunes y las pasiones mundanas de toda vida se vieron postergadas en Caldas a causa de su plena dedicación a la búsqueda del conocimiento científico que, en su caso, tuvo profundos matices místicos y espirituales. Hombre grave y circunspecto, su personalidad se caracterizó por una permanente introspección en la que, por encima de los goces y pesares cotidianos, se encontró siempre la búsqueda del saber; además, su puritanismo y sus limitadas habilidades sociales hacían de él un personaje algo excéntrico cuyas vivencias se dirigían más hacia el reino de la imaginación que hacia las experiencias de la vida práctica.

El curso rutinario de la existencia de Caldas se concentró más en el aprendizaje de las ciencias y en sus permanentes travesías de observación y exploración científicas que en seguir el derrotero vital que la tradición familiar veía como el curso adecuado para el desarrollo de la vida de los jóvenes criollos pertenecientes a las familias aristocráticas del virreinato. De esta manera, Caldas había llegado a la ya considerable edad de cuarenta y un años y, por estar obsesionado con dedicar todo su tiempo y energías a los estudios científicos (y por andar viajando en mula a través de los caminos del reino sin descanso), no se había preocupado por ejercer su profesión de jurisconsulto para obtener reconocimiento social ni había buscado ocupar un empleo importante e influyente que le garantizase fortuna y lustre personal ni tampoco se había interesado en asuntos de amores y mujeres para cumplir con el fundamental deber cristiano de contraer matrimonio, establecer un hogar y engendrar herederos que perpetuasen el linaje familiar.

No deja de sorprender entonces que, para febrero de 1810, el ya maduro científico payanés, desde Santafé, tomase la decisión de concretar un matrimonio a distancia con una discreta joven payanesa de diecinueve años llamada María Manuela Barahona³⁵⁶ de la que había tenido noticia gracias a su

³⁵⁶ Se desconocen sus fechas de nacimiento y muerte.

amigo payanés José Agustín Barahona Escobar (tío de la desposanda) a quien había comentado su deseo de encontrar alguna joven recatada en edad de contraer matrimonio.

El idilio amoroso comenzó el 6 de febrero de 1810 cuando Caldas dirigió a su desconocida novia una primera misiva en la que ya le notificaba del adelanto de *“las diligencias necesarias para verificar nuestra feliz unión.”*³⁵⁷ Quince días más tarde, el 20 de febrero, una segunda carta contenía expresiones más efusivas y, entre líneas, se perfilaba una buena descripción de lo que había sido la actitud habitual del científico payanés en relación a las mujeres y al amor pasional a lo largo de sus cuarenta y un años de vida:

“Señora: la Divina Providencia por caminos inesperados ha rodeado de tal modo las cosas, que parece se declara por nuestra unión. [...]

¡Cuántos suspiros ha arrancado usted de mi pecho, de este pecho que no ha amado sino a doña María Manuela Barahona! No he tenido que derribar ídolos para colocar a usted. Usted es la primera que posee mi corazón en toda su plenitud, usted sola y usted para siempre lo poseerá.; ¡Qué dulce es unirse por la religión y por la virtud! Sí, señora, mi amor no es esa llama devoradora, cruel, que ciega, que embrutece; es un fuego sagrado, tranquilo, puro, casto, luminoso, que dilata el corazón sin oprimirlo. Este es el que profeso a usted ha muchos meses. [...]

¿Cuándo imaginó usted que un hombre que ha mirado con la más fría indiferencia a todas las mujeres de la tierra, un hombre a quien usted no ha saludado, un hombre sumergido entre libros, entre instrumentos, que tiene sus ojos fijos en el cielo, que vive a cien leguas de usted, podía derramar lágrimas copiosas por usted en el Observatorio de Santafé?

*Señora, reciba usted estas lágrimas, oiga usted mis suspiros, lágrimas, suspiros preciosos que usted ha recompensado dignamente.”*³⁵⁸

Finalmente, el matrimonio, *“para servir a Dios”*,³⁵⁹ se celebró - sin la presencia del novio - en la ciudad de Popayán el 13 de mayo de 1810 ‘por poderes’ actuando como representante y ‘apoderado especial’ de Caldas su amigo Antonio Arboleda pues se acordó que, tras concretarse el enlace, Manuela se trasladaría a Santafé donde por fin se reuniría - y se conocería - con su esposo Francisco José.

³⁵⁷ Carta 139 de Febrero 6 de 1810 dirigida a Manuela Barahona. p.310.

³⁵⁸ Carta 140 de Febrero 20 de 1810 dirigida a Manuela Barahona. pp.311-312.

³⁵⁹ Carta 142 sin lugar ni fecha exacta dirigida al Provisor Gobernador del Arzobispado. p.313. Esta carta fue escrita sin duda en los primeros meses de 1810 pues se refería a trámites relativos al próximo matrimonio entre Francisco José de Caldas y María Manuela Barahona. En la misiva Caldas solicitaba al funcionario mencionado, en Santafé, que diera una acreditación oficial de su soltería para poder contraer matrimonio con María Manuela ‘por poderes’ pues él se hallaba en Santafé y ella en Popayán.

El matrimonio tan sólo duró seis años - en razón de la violenta muerte de Caldas en 1816 - durante los cuales nacieron cuatro hijos de los cuales dos murieron en sus primeros años: Liborio María (1811-1813), Ignacia (1812-1814), Juliana (1815-1896) y Ana María (1816-1893).³⁶⁰



Supuesto retrato de María Manuela Barahona de Caldas.³⁶¹

Por lo demás, la unión no fue feliz y como claro testimonio de que el vínculo matrimonial se fue resintiendo y degradando, se conserva una carta 'muy reservada' fechada en marzo de 1816 en la que Caldas, ausente de Santafé y ya fugitivo de las tropas españolas de la reconquista, le reprocha a su esposa María Manuela su 'falta de prudencia' y, a pesar del lenguaje siempre eufemístico y velado, deja entrever claramente sospechas de infidelidad:

"Teme a Dios: guarda sus santos mandamientos; seme fiel a los juramentos que nos prestamos delante de los altares el día de nuestro matrimonio; la fidelidad conyugal es la primera virtud de los esposos, y es la base de todos los bienes que se pueden esperar de dos casados. Por lo que mira a mí, te he sido

³⁶⁰ Ana María Caldas Barona nació en Santafé el 28 de octubre de 1816, el mismo día en que, a pocas cuadras de la casa familiar, fue fusilado su padre Francisco José de Caldas. Posteriormente al nacimiento de esta hija póstuma, María Manuela Barahona, ya Viuda de Caldas - y quien no había vuelto a contraer matrimonio -, dio a luz en 1818 a otra niña que fue bautizada como Carlota Caldas Barona aunque es evidente que no podía tratarse de una hija de Francisco José de Caldas; se desconoce tanto la identidad del padre de esta niña como mayores datos sobre su vida y también el año de fallecimiento de María Manuela Barahona, Viuda de Caldas.

³⁶¹ Imagen tomada de: <http://www.revistacredencial.com/credencial/historia/temas/caldas-y-maria-manuela-un-curioso-matrimonio-y-sus-vicisitudes> [Consultado en Mayo 4 de 2020]

escrupulosamente fiel, y desde el momento que te recibí por esposa, todas las mujeres me han sido indiferentes. No sólo he procurado ser fiel a mi mujer, sino también quitarle todo motivo de la más ligera inquietud, o de la sospecha más ligera.

En esto tú no has sido muy prudente, y tu conducta en mi ausencia no deja de darme motivos de inquietud, que han amargado mi corazón delicado y sensible. Es verdad que no te condeno, y si ahora te hablo con esta claridad es para hacerte más prudente y más celosa de tu buena reputación. Te hablo más claro: yo no puedo sufrir la amistad de mozos que aún no han probado su conducta, y esas visitas de confianza en los últimos rincones me son abominables; [...] teme menos morir que cometer un adulterio horrible, que no te dejará sino crueles remordimientos y amarguras espantosas; ama a Dios, entrégale tu corazón, y cuida de entregarlo puro y sin pecado. Tú vive bien segura que siempre vivirás en mi triste corazón; que te guardaré la fidelidad más completa, y que cuando nos reunamos en la eternidad hallarás a tu esposo puro de adulterio; así la espero de la misericordia del Señor.”³⁶²



Casona familiar en Santafé (muy cercana al Observatorio Astronómico) en donde residió Francisco José de Caldas con su esposa María Manuela Barahona y sus cuatro hijos entre 1810 y 1816. Actualmente se encuentra allí el Museo Casa Caldas.³⁶³

³⁶² Carta 197 de Marzo 31 de 1816 dirigida a Manuela Barahona. p.370.

³⁶³ Imagen tomada de uno de los vínculos web del Museo Casa Caldas:

<https://es-la.facebook.com/pg/MuseoCasaCaldas/posts/> [Consultado en Mayo 6 de 2020]

Y esos fueron sus años finales en relación a su faceta de esposo, padre y hombre de familia: un matrimonio que se inició con un romanticismo ingenuo pronto se vio marcado por desavenencias domésticas y por la muerte de los dos primeros hijos antes de que sobrepasaran los tres años de edad; tras esta experiencia, vinieron años de persecución y anarquía (entre 1810 y 1816) en los que Caldas estuvo la mayor parte del tiempo ausente de su hogar en medio de la guerra civil que siguió a la declaración de independencia; y al final, consciente de la infidelidad de su esposa (o al menos de su carácter 'ligero' según los rígidos parámetros morales de la época), cayó prisionero de las tropas españolas de reconquista para, meses después, morir fusilado en 1816, en el mismo mes en que cumplió cuarenta y ocho años y mientras su esposa daba a luz a su última hija.

6.6 - Los años finales. 1810-1816.

El año de 1810 marcó un punto de inflexión definitivo en la historia del virreinato del Nuevo Reino de Granada y en la vida de Francisco José de Caldas pues el 20 de julio de dicho año se produjo en Santafé un levantamiento popular liderado por los aristócratas criollos del reino (entre los que se contaba Caldas) en contra del gobierno virreinal; este alzamiento terminó por trastocar definitivamente el orden colonial que había imperado desde los tiempos de la conquista a comienzos del siglo XVI y, tras nueve años de revoluciones, luchas civiles y guerra abierta contra el imperio español, condujo a la independencia definitiva de la Corona Española en 1819.

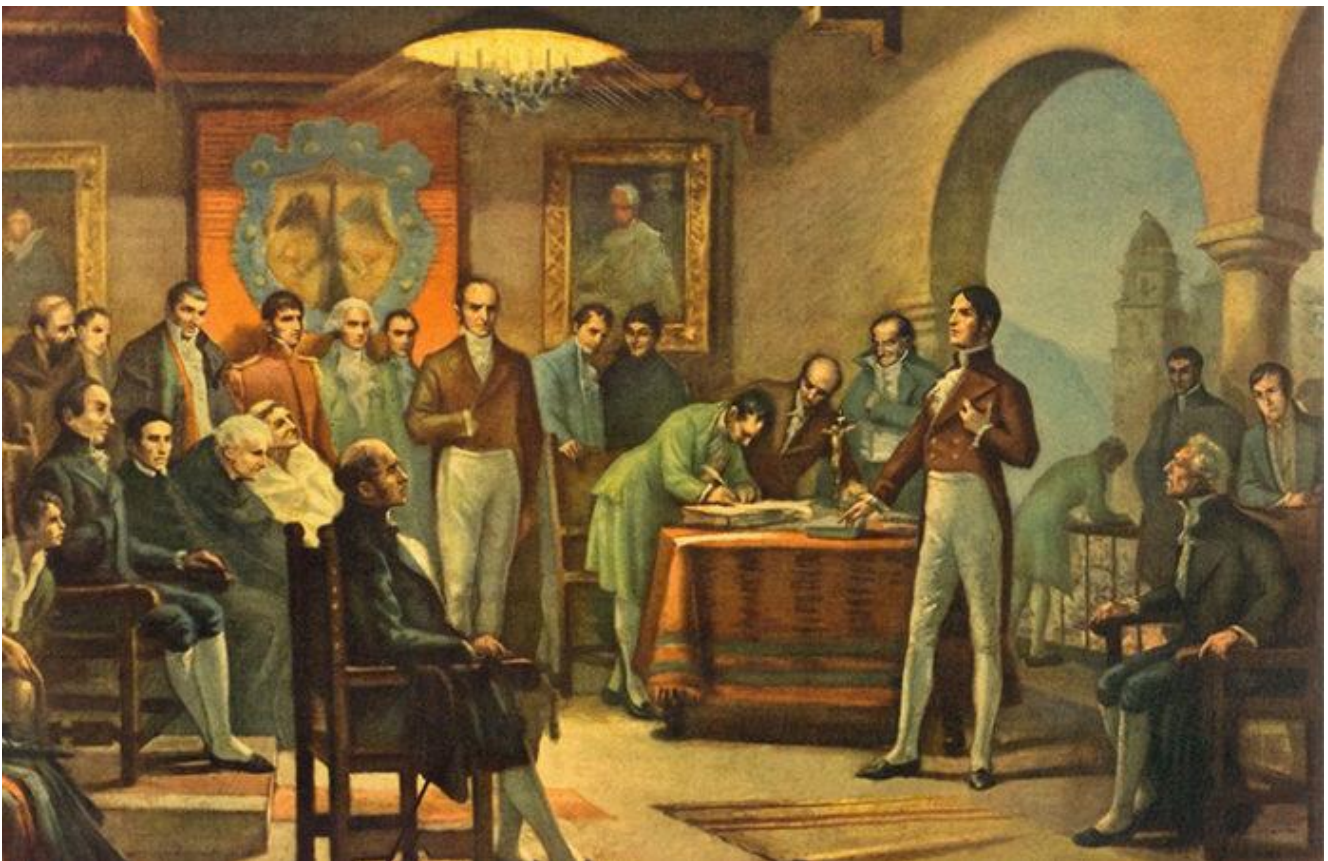
El descontento general, tanto de aristócratas como plebeyos, en contra del gobierno colonial aunado a la consolidación de una élite ilustrada influyente condujo a una situación política tensa en la que los criollos, ahora recelosos de la patria española de sus ancestros, reclamaban cada vez más autonomía y participación directa en los asuntos administrativos del reino. El descontento general, capitalizado y encausado por los criollos ilustrados - cuya ideología política se inspiraba en la Francia revolucionaria y republicana -, finalmente desembocó en una conspiración contra el poder virreinal encabezada por estos mismos criollos ilustres (entre los que se contaban, entre muchos otros, Antonio Nariño, Jorge Tadeo Lozano, Sinforoso Mutis, Camilo Torres y Francisco José de Caldas).

La revuelta popular estalló en las calles de Santafé el 20 de julio de 1810 y terminó con dos hechos definitivos para la historia posterior de la naciente república independiente: por una parte, fue depuesto el virrey Amar y Borbón y, al cabo de pocos días, se decidió su expulsión y deportación a España en compañía de su esposa la virreina Doña Francisca Villanova; a su vez, se instituyó una Junta Suprema de Gobierno (que en principio fue presidida por el depuesto virrey) conformada por criollos notables que asumió las riendas de reino de manera transitoria mientras se estabilizaba la situación.

Si bien en un primer momento los criollos revolucionarios tan sólo pretendían modificar la institución virreinal manteniendo su juramento de fidelidad a la Corona Española en cabeza del rey Fernando VII (y a pesar de que España había sido invadida por los ejércitos de Napoleón desde 1808), los acontecimientos se precipitaron más allá de lo presupuestado y, una vez depuesto el virrey y el régimen por él representado, los criollos revolucionarios se vieron forzados a ir hasta las últimas

consecuencias asumiendo las repercusiones de su insubordinación y declarando la independencia absoluta de la Corona Española.³⁶⁴

¿Cuál fue el papel de Caldas en todos estos acontecimientos políticos tan ajenos a sus cotidianas y abstractas ocupaciones científicas?; es difícil determinar el grado de vinculación directa que Caldas pudo tener en la revuelta del 20 de julio de 1810 que terminó con la declaración de independencia de la Corona Española aunque es claro que, por lo menos, era cercano ideológicamente a la causa independentista y se sabe que facilitó las instalaciones del Observatorio para que se adelantaran reuniones clandestinas en las que estuvo presente y en las que se planeó el levantamiento popular que, de facto, acabó con la existencia del Virreinato del Nuevo Reino de Granada como reino colonial perteneciente al Imperio Español. Sin embargo, resulta difícil evaluar su nivel de protagonismo en el proceso y, dado que era un estudioso intelectual más que un hombre de acción, lo más probable es que sólo haya actuado como un espectador informado pero sin mayor trascendencia.



*Firma del Acta de Independencia en el Cabildo de Bogotá el 20 de julio de 1810.*³⁶⁵

³⁶⁴ Como obras de contextualización sobre la revuelta independentista del 20 de julio de 1810, sus antecedentes y consecuencias, véanse: LIÉVANO, Indalecio. *Los grandes conflictos sociales y económicos de nuestra historia*. Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1972. VITTA, Juan. *¿Qué pasó el 20 de julio?* Editorial Panamericana. Bogotá. 2011. Y: MARÍN, Juana. "Genealogía de un acta. Los firmantes del Acta del Cabildo Extraordinario de Santafé del 20 de julio de 1810." En: *Memoria y Sociedad*. Pontificia Universidad Javeriana. 2011. Volumen 15. Número 31. pp.10-28.

³⁶⁵ Óleo del pintor colombiano Coriolano Leudo Obando (1866-1957) realizado en 1938. Imagen tomada de: <http://semanariovoz.com/grito-de-independencia/> [Consultado en Diciembre 27 de 2019]

Pero es claro que, más allá de su realidad histórica, la figura de Caldas fue elevada al pedestal del heroísmo y fungió como importante símbolo de orgullo patrio y representación grandilocuente de los valores republicanos de libertad, progreso y conocimiento. Así, es posible rastrear dos actitudes interpretativas sobre su vida y obra:

Por una parte, la historiografía republicana, en paralelo a la conformación de una república independiente afanosa por construir una mitología fundacional anclada en la figura de los grandes próceres y mártires de la independencia, no dudó en encumbrar a Caldas como figura protagónica de la independencia presentándolo como un héroe revolucionario a la par que como hombre de ciencia y mártir de la libertad. Por otra parte, quizá lo más sensato sea comprender la figura de Caldas en relación a los imaginarios culturales propios de su tiempo y entender que si bien participaba de los ideales ilustrados de libertad, progreso y conocimiento - que estaban tan en boga dentro de las élites criollas y que él mismo había ayudado a enaltecer como editor del *Semanario* - esa simpatía estaba lejos de traducirse en una actitud abierta de rebeldía militar.

Al repasar tanto la biografía como la obra escrita, la correspondencia personal y los testimonios que dan cuenta de la existencia de Francisco José de Caldas, es indudable que el mayor interés de su vida fue el estudio de las ciencias físicas y naturales y que los planteamientos políticos que se vislumbran dentro de sus escritos son consecuencia de su interés por hacer de la ciencia tanto un patrimonio universal como un instrumento de progreso y bienestar. Pero resulta muy osado afirmar que el mayor anhelo de la vida de Caldas fue el de ayudar a concebir y llevar a cabo una revolución política y social con miras a deponer el orden colonial para instaurar un régimen republicano inspirado en los ideales de la Ilustración y de la Revolución francesa.

A todas luces, resulta más acertado afirmar que el interés de Caldas por participar y estar al tanto de la empresa independentista se correspondía más con el hecho de que el anhelo de libertad y republicanismo era un sueño generacional; a su vez, fue determinante el hecho de que los promotores e ideólogos del movimiento de independencia eran tanto familiares como amigos cercanos de Caldas y pertenecían a su misma clase social. Por estas razones, puede verse la participación de Caldas en el proceso político, social y militar de la independencia más como un asunto de coyunturas y pertenencias que como un propósito absolutamente intencional de su parte.

Tras los sucesos que terminaron con la destitución y expulsión del virrey y con la proclamación de independencia de la Corona Española, el reino entró en estado de anarquía mientras trataba de organizarse y legitimarse un nuevo gobierno central - presidido por los criollos que habían orquestado la revolución - y se retomaban los cauces habituales de la vida cotidiana. Por su parte, para finales de julio y comienzos de agosto de 1810, Caldas se encontraba atento a dos situaciones personales:

Por una parte, su matrimonio se había realizado (por poderes y estando él ausente) en Popayán el 13 de mayo de 1810 y se acordó que, tras la ceremonia, la ahora señora María Manuela Barahona de Caldas se trasladaría a Santafé para encontrar (y conocer) a su esposo Francisco José. Cuando estalló la revuelta popular del 20 de julio, la novia aún se hallaba ausente de Santafé y estaba previsto que Caldas iría a encontrarla en una población intermedia para hacer con ella las jornadas finales del viaje;

sin embargo, los sucesos ocurridos en la capital del virreinato forzaron a Caldas a permanecer a la espera en Santafé y escribió a su esposa para comunicarle la imposibilidad de salir a encontrarla.

Por otra parte, puesto que tanto la Expedición Botánica como el Observatorio Astronómico eran estamentos del virreinato y se hallaban bajo la autoridad del virrey, Caldas empezó a temer que mientras el nuevo gobierno criollo superaba el estado de anarquía y reorganizaba la vida y los estamentos del reino, su trabajo y salario como miembro de la Expedición Botánica y Director del Real Observatorio Astronómico de San Carlos pudiesen verse comprometidos e incluso llegasen a un abrupto final bajo el nuevo régimen.

En un primer momento, las preocupaciones de Caldas parecieron infundadas pues sus asuntos se mantuvieron con relativa normalidad e incluso fue designado por el nuevo gobierno criollo, encarnado en la Junta Suprema de Gobierno, para editar y publicar un periódico político - el *Diario Político de Santafé* - que sirviese como mecanismo de propaganda del nuevo régimen republicano; este periódico circuló entre agosto de 1810 y agosto de 1811 y tuvo como objetivos dar a conocer los pormenores del nuevo gobierno y ganar el apoyo de la opinión pública.

Entre 1811 y 1816, cuando se esperaba que la incipiente y aún convulsa república recién formada - bautizada como *Provincias Unidas de la Nueva Granada* - lograra consolidarse bajo el mando de un gobierno fuerte que trajera estabilidad y fuera capaz tanto de estructurar una administración coherente como de enfrentar con contundencia la hostilidad de la Corona Española que pretendía reconquistar y someter por las armas a la colonia rebelde, se produjo una ruptura ideológica radical entre los líderes del movimiento independentista que condujo a una confrontación abierta entre dos facciones políticas irreconciliables: por una parte, Antonio Nariño era partidario de un estado centralista con capital en Santafé mientras que otros criollos importantes de la causa independentista como Jorge Tadeo Lozano, Camilo Torres, y el mismo Francisco José de Caldas, abogaban por un modelo federalista que respetase la autodeterminación de cada provincia (tomando como ejemplo a los Estados Unidos de América).

Las diferencias políticas condujeron a las recién nacidas Provincias Unidas de la Nueva Granada a un período de anarquía y caos político conocido como 'la patria boba' que culminó en una cruenta guerra civil entre criollos mientras que la Corona Española celebraba y capitalizaba la desunión y el caos reinantes y preparaba, bajo el mando del capitán general Pablo Morillo (1775-1837),³⁶⁶ la reconquista a sangre y fuego de la colonia insubordinada.

³⁶⁶ **Pablo Morillo y Morillo** (1775-1837) fue un reconocido militar y marino español que participó en la Guerra de Independencia española entre 1808 y 1814 contra del ejército invasor de Napoleón. En el lapso comprendido entre 1814 y 1816 fue designado como Gobernador y Capitán General de Venezuela y lideró la reconquista española de la Provincia de Venezuela y del Virreinato del Nuevo Reino de Granada bajo la proclama de 'guerra a muerte' recibiendo el mote de 'El Pacificador'. Miles de criollos independentistas fueron muertos bajo el llamado 'Régimen del Terror' que instauró tratando de retener a las colonias sublevadas bajo el dominio de la Corona Española. Finalmente fue derrotado por los ejércitos patriotas de Simón Bolívar y regresó a España en donde fue honrado con diversos títulos nobiliarios. Como obra de referencia sobre su vida y contexto histórico, véase: QUINTERO, Gonzalo. *Pablo Morillo. General de dos mundos*. Editorial Planeta. Bogotá. 2005.

Entre tanto, para el 2 de mayo de 1811, Caldas había recibido el grado de Capitán del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos por decisión del Supremo Poder Legislativo del Estado de Cundinamarca; posteriormente se había sumado a la facción de los ejércitos federalistas de las Provincias Unidas y se había visto obligado a abandonar Santafé huyendo de las tropas centralistas dejando tanto su trabajo como todas sus propiedades bajo el resguardo de su esposa Manuela Barahona. Para 1812 - ya alejado de Santafé y de sus actividades científicas - pasó a la cercana ciudad de Tunja para tomar parte de una fallida ofensiva militar contra Santafé que fracasó y volvió a huir temeroso de sufrir represalias por parte del gobierno centralista.

En 1813, el ahora coronel e ingeniero militar Caldas se dirigió a la Provincia de Antioquia en donde recibió varios encargos del gobierno provincial entre los que se contaron el de construir fortificaciones sobre el río Cauca para evitar el paso de las tropas españolas que estaban tratando de reconquistar a sangre y fuego el territorio del antiguo virreinato. En su trabajo como ingeniero militar, fue notable la labor de ingeniería, topografía y cartografía adelantada por Caldas en relación a los bastiones militares pues integraba elementos muy modernos para la época tales como el diseño a escala, la declinación magnética, fijación y descripción de convenciones en los mapas e inclusión de perfiles visuales.



Mapa político de las Provincias Unidas de la Nueva Granada (1811-1816).³⁶⁷

³⁶⁷ Imagen tomada de: <http://risascallesyllanto.blogspot.com/2015/09/provincias-unidas-1811.html> [Consultado en Abril 14 de 2019]

Vistas y probadas su pericia y capacidad técnica, para 1814 Caldas fue nombrado por el gobierno de la Provincia de Antioquia Ingeniero General y Coronel del ejército provincial y recibió la comisión de fundar y dirigir la Academia de Ingenieros Militares en donde los cadetes empezaron a recibir capacitación en los campos de arquitectura militar (construcción de fortificaciones), artillería, arquitectura hidráulica, táctica militar, arquitectura civil y geografía militar (diseño de mapas y planos militares).³⁶⁸

A la par con sus otras responsabilidades, Caldas fue puesto a cargo de la Maestranza de Artillería en la población de Rionegro en donde construyó con éxito, con diseños y planos de su autoría, un molino para fabricar pólvora y un taladro para hacer fusiles; a su vez, dirigió la construcción de máquinas de acuñación de moneda con destino a la Casa de la Moneda de Medellín.³⁶⁹

Después de cinco años de luchas civiles y fraccionamientos políticos, en 1815 las diversas provincias que habían formado el ya inexistente virreinato del Nuevo Reino de Granada decidieron unirse bajo un solo gobierno central que pudiese enfrentar con contundencia y unidad de mando a las tropas españolas que adelantaban la reconquista de los ahora territorios rebeldes. El ya veterano coronel Francisco José de Caldas tras verse envuelto en cuatro años de anarquía y de participar desde el bando federalista en las luchas partidistas que marcaron el comienzo de la vida republicana (si bien Caldas nunca llegó a luchar frontalmente en ninguna batalla - ni contra compatriotas ni contra españoles - pues siempre sus comisiones militares se concentraron en asuntos de logística y retaguardia), retornó a Santafé en donde se le encomendó organizar una Academia para la formación de mandos del ejército patriota que debería enfrentar a las tropas realistas que tenían a Santafé como objetivo final de la campaña de reconquista. Así, Caldas retornó en 1815 a la ciudad en donde aún residían su esposa y sus hijos y en donde tan feliz había sido como hombre de ciencia, miembro de la Expedición Botánica y director del Real Observatorio Astronómico de San Carlos.

Para 1816, el embate de las tropas españolas resultó imparable para las debilitadas fuerzas patriotas y, poco a poco, las principales ciudades del reino - Cartagena, Santafé, Popayán - fueron capitulando y cayendo de nuevo en manos del mando español. Comenzaron entonces las represalias ejemplarizantes cuyo objetivo principal fue el de capturar y ejecutar a los representantes más ilustres y reconocidos del movimiento independentista para así aterrorizar a la población en general y exterminar de raíz cualquier brote remanente de republicanismo que volviese a amenazar la autoridad de la Corona Española.

³⁶⁸ Como fuente primaria relativa a los principios prácticos y morales sobre los que se inspiró Caldas en el momento de fundar y dirigir esta Academia de Ingenieros Militares adscrita al ejército de la Provincia de Antioquia, véase: CALDAS, Francisco José de. *Discurso preliminar que leyó el ciudadano coronel Francisco José de Caldas el día en que dio principio al curso militar del cuerpo de ingenieros de la República de Antioquia*. En: *Obras completas*. pp.55-78.

³⁶⁹ Como recuento biográfico de los años comprendidos entre 1810 y 1816 y síntesis de la actividad de Caldas como militar y figura importante del movimiento de independencia de la Corona Española, véase: APPEL, John Wilton. *Caldas en Antioquia. De ciudadano científico a ingeniero militar*. En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Francisco José de Caldas 1768-1816. Bicentenario de su muerte*. Memorias Tercera Jornada Caldas. Medellín, 31 de marzo de 2016. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2016. pp.153-172. Y: RIAÑO, Camilo. *El coronel Francisco José de Caldas*. En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768-1816*. pp.147-153.

Tras la caída de Santafé, el capitán general Pablo Morillo restauró la autoridad virreinal e instauró el llamado 'régimen del terror' valiéndose de tribunales especiales a los que se encomendó la tarea de identificar y castigar de manera ejemplar a todos los involucrados en la revuelta independentista. Entre tanto, y muy consciente de su participación en el movimiento independentista en su calidad de editor del *Diario político* y coronel activo del ejército patriota, Caldas decidió huir de Santafé.

Estando en fuga rumbo al sur tras abandonar Santafé, escribió a su esposa una última carta en marzo de 1816 en la que se vislumbra la angustia que lo acongojó durante los últimos meses de su vida viéndose prófugo, expoliado de sus bienes y buen nombre y pesimista en cuanto a la posibilidad de tan siquiera salvar la vida en medio de la cruenta persecución de las autoridades españolas:

"Mi querida y amada Manuelita: el adiós que te di puede ser el último si los españoles nos subyugan, porque estoy en la firme resolución de abandonar esta patria que me dio el ser, antes que sufrir los escarnios, calabozos y suplicios que nos preparan nuestros enemigos. [...]"

Mi corazón se despedaza, y mis ojos, anegados en lágrimas, forman estos renglones, y esta última prenda de mi amor y de mi fidelidad. [...]"

Todos mis bienes son para pagar lo que deba, y lo que sobre para ti y para que te alimentes. [...]"

Guárdame en tu corazón, ámame, que yo te guardo en el mío, y te amaré hasta la muerte.

Adiós, recibe el alma atribulada de tu esposo."³⁷⁰

El fugitivo Caldas, en compañía de su primo hermano Camilo Torres Tenorio (uno de los mayores ideólogos del movimiento independentista) y de otros amigos comprometidos en la causa independentista, buscaron refugio en las zonas cercanas a Popayán ocultándose en la hacienda familiar de Paispamba en donde el joven Caldas, muchos años atrás, había realizado muchas observaciones meteorológicas e hipsométricas soñando con convertirse en un hombre de ciencia. Como consumación de una vida de pasión e infortunio, sus últimos días de libertad los pasó Francisco José de Caldas en aquella hacienda en medio de la naturaleza y las montañas que tanto había amado y recorrido en su juventud.

El grupo de patriotas fue sorprendido y capturado por un destacamento militar realista que condujo a los prisioneros bajo custodia a Popayán en donde permanecieron encarcelados durante tres meses en el convento de San Francisco; tras infructuosas gestiones familiares para que fuese liberado o, por lo menos, enviado a Quito en donde podría ser juzgado con más indulgencia, Caldas fue trasladado con sus compañeros a Santafé y de inmediato fue juzgado por el Consejo de Guerra Permanente creado por orden del general Pablo Morillo para procesar y castigar con la mayor severidad a todos los líderes del movimiento patriota.

³⁷⁰ Carta 197 de Marzo 31 de 1816 dirigida a Manuela Barahona. pp.369-371.

Tras un juicio sumario, Caldas fue declarado culpable de alta traición a la Corona Española y sentenciado a muerte debido a sus muchas y comprometedoras actividades rebeldes pues no sólo había sido uno de los conjurados de la revuelta popular del 20 de julio de 1810 sino que también había actuado como divulgador de los ideales patriotas al ejercer como redactor político del *Diario político de Santafé* y, por último, había sido coronel del ejército rebelde adelantando labores como ingeniero militar e instructor castrense.

Consciente de la suerte que le esperaba tras recibir la inapelable sentencia de muerte, Caldas intentó en vano obtener clemencia escribiendo el 27 de octubre de 1816 (en la víspera de su ejecución) una súplica de indulto al general español Pascual Enrile Acedo³⁷¹ en la que se mostraba totalmente arrepentido de haber participado en el movimiento independentista y exaltaba sus trabajos científicos prometiendo, en caso de ser salvado del patíbulo, consagrar todas sus fuerzas y talentos al engrandecimiento del Imperio Español:

“Es verdad, señor, que me dejé arrebatar del torrente contagioso de esta desastrosa revolución. Y que he cometido en ella algunos errores; pero también es verdad que mi conducta ha sido la más moderada; que no he perseguido a ningún español; que no les he ocasionado ningún perjuicio; que no he sido funcionario, ni en el Gobierno General, ni en ninguna Provincia; que no he tomado las armas ni salido a campaña contra las tropas del Rey; que no he incendiado, asesinado, robado, ni cometido ninguno de esos delitos que llaman la venganza pública. Siempre pacífico, amigo de las ciencias y ardiente cultivador, he amado el trabajo y el retiro, y he puesto los fundamentos a muchas obras originales que habrían hecho honor a la Expedición Botánica de quien dependía, y si mi amor propio no me engaña, creo que habrían llamado la atención de la Europa si las turbaciones políticas no hubieran venido a turbar mi reposo. [...]

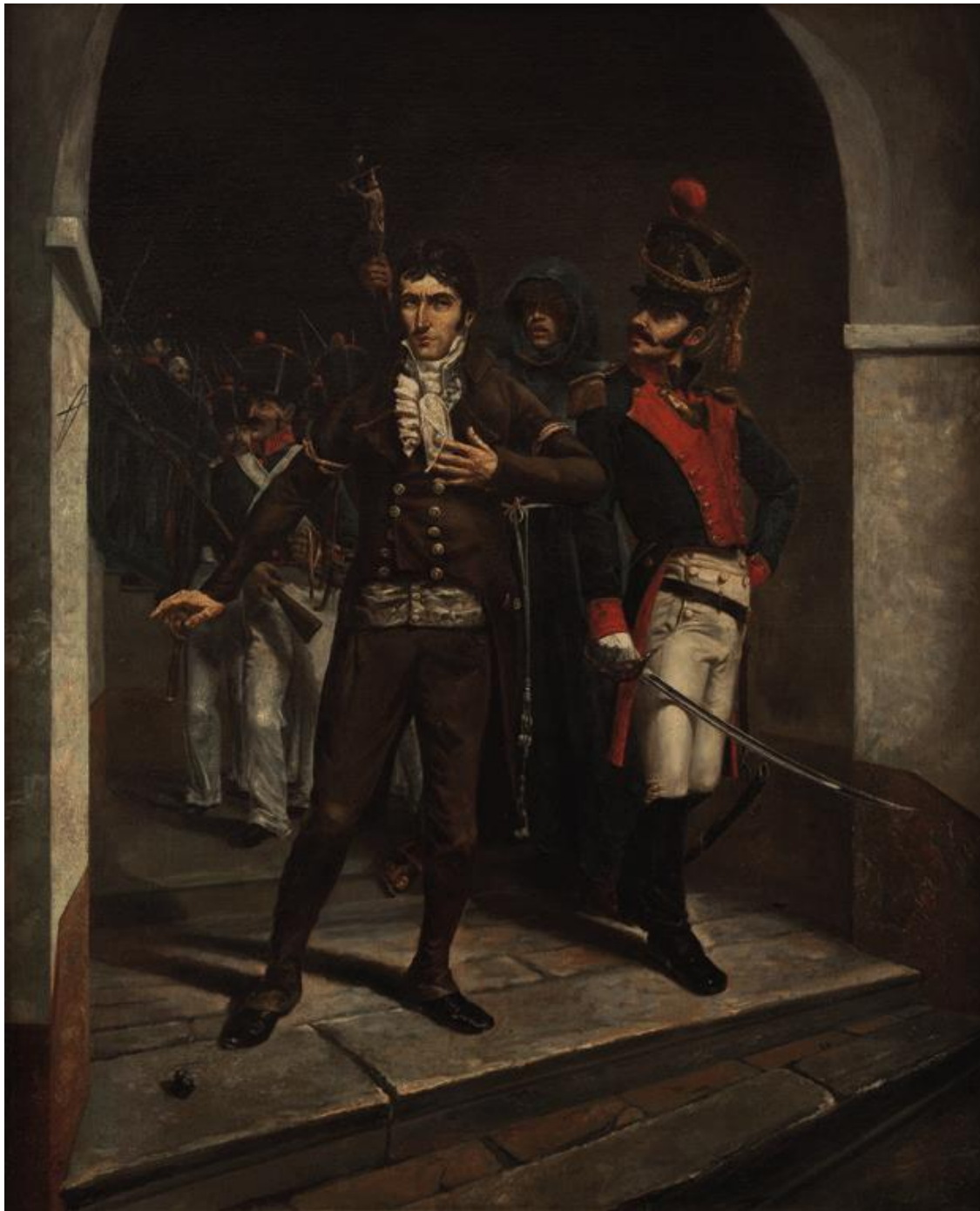
Señor, socorra Vuestra Excelencia a un desgraciado que está penetrado del más vivo arrepentimiento de haber tomado una parte en esta abominable revolución [...] tenga Vuestra Excelencia piedad de mí, téngala de mi desgraciada familia, y sálveme por el Rey y por su honor.”³⁷²

Según la leyenda, el comandante español Pascual Enrile rechazó cualquier posibilidad de perdón y selló el destino del científico neogranadino pronunciando la lapidaria frase de *“España no necesita de sabios”*.³⁷³

³⁷¹ **Pascual Enrile Acedo** (1772-1839) fue un destacado marino y militar español que tomó parte, entre los años de 1815 y 1819 de la expedición de reconquista de los territorios del Virreinato del Nuevo Reino de Granada desempeñándose como jefe de la fuerza naval y segundo comandante de la campaña bajo el mando del capitán general Pablo Morillo.

³⁷² *Carta 202 de Octubre 27 de 1816 dirigida a Pascual Enrile*. pp.378-380.

³⁷³ Es muy dudosa la autenticidad de esta anécdota sobre la frase supuestamente pronunciada por Enrile para rechazar cualquier posibilidad de indulto sobre Caldas. Muy posiblemente se trata de una simple leyenda basada en la extrapolación al contexto americano de la frase que pronunció el presidente del tribunal que - durante el período de ‘El Terror’ que siguió a la Revolución francesa - dictó la sentencia de muerte del científico parisino Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794); tras dictar la sentencia, el juez cerró el veredicto afirmando que: *“Décidément, la République n’a pas besoin de savants!”*



Caldas marcha al suplicio. Óleo sobre tela realizado hacia 1880 por el pintor colombiano Alberto Urdaneta (1845-1887) y conservado en el Museo Nacional de Colombia.³⁷⁴

³⁷⁴ La pintura muestra una imagen heroica de Caldas marchando a la muerte al exaltar su gesto firme y valiente. A su vez, la imagen recrea el relato legendario según el cual, antes de partir al patíbulo, Caldas trazó sobre la pared de su celda el símbolo de una letra O atravesada en diagonal por una línea recta - Ø - como jeroglífico que bien podía representar la expresión '¡Oh negra y larga partida!' o ser la representación de la letra griega Theta, θ, como abreviatura de la palabra Θάνατος (Thánatos) que significa *Muerte* en griego. El símbolo en cuestión aparece en la pintura trazado sobre el muro cerca de la mano derecha extendida de Caldas.

Imagen tomada de: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Caldas-marcha-al-suplicio_fig1_322566201 [Consultado en Diciembre 14 de 2019]

Caldas pasó la última noche de su vida detenido en las instalaciones del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario³⁷⁵ y recibió la visita de un notario y de un confesor para finiquitar sus asuntos materiales y espirituales. En la mañana del día siguiente, Caldas fue trasladado al lugar de la ejecución en compañía de sus otros tres compañeros de suplicio: el general e intelectual Francisco Antonio Ulloa, el coronel Miguel Montalvo y el catalán Miguel Buch, todos partícipes de la causa independentista y condenados a muerte por alta traición.

Francisco José de Caldas y Tenorio, científico neogranadino, fue fusilado por la espalda de siete disparos - más uno de gracia - en la Plazuela de San Francisco en la mañana del lunes 28 de octubre de 1816.³⁷⁶

³⁷⁵ A estas mismas instalaciones, que para 1816 estaban siendo utilizadas como dependencias militares por las tropas de Morillo, había llegado Caldas veintiocho años antes como joven estudiante de provincia para dar inicio a sus estudios de jurisprudencia.

³⁷⁶ Tras el fusilamiento, sus restos mortales fueron trasladados y enterrados en una fosa común en la cercana y tradicional Iglesia de La Veracruz en donde permanecieron hasta que en el año de 1904 fueron analizados e identificados para posteriormente ser trasladados a la ciudad de Popayán en donde aún se conservan en el llamado Panteón de los Próceres. En 2008, se realizó un estudio antropológico de la osamenta de Caldas que permitió descubrir varios datos interesantes: su estatura era de 1,66 metros, tenía miembros gráciles y resistentes, una lesión en la tibia de su pierna izquierda, cráneo pequeño de facciones finas y contextura delgada y, tras morir, recibió heridas de bayoneta en sus brazos pues los huesos tenían marcas coincidentes con ese tipo de lesiones *post mortem*; a sus 48 años, su cuerpo mostraba un estado general de buena salud y resistencia; había perdido los molares y tenía numerosas caries por comer muchos alimentos dulces como golosinas y chocolates; igualmente, su esqueleto revela que había desarrollado poliglobulía, una típica adaptación a condiciones de vida en altitudes elevadas que hace que el cuerpo genere una gran cantidad de glóbulos rojos para retener y transportar, valiéndose de la hemoglobina, el oxígeno necesario para los músculos y el funcionamiento de todos los órganos. En relación al estudio de la osamenta de Caldas, véase el artículo: "El 'Sabio' Francisco José de Caldas no era como dicen los libros de historia.", publicado el 16 de enero de 2008, disponible en:

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3922921> [Consultado en Diciembre 14 de 2019]

Tercera Parte.

**Descripción matemática del principio
termométrico de la hipsometría.**

Planteamiento y desarrollo.

Capítulo 7.

Los cuatro escritos de Francisco José de Caldas sobre hipsometría.

“La filosofía que emprendemos no es Cartesiana, Aristotélica, ni Newtoniana. Nosotros no nos postramos de rodillas para venerar como oráculos los caprichos de algún Filósofo. La razón y no la autoridad tendrá derecho a decidir nuestras disputas. Tampoco nos detendremos en examinar cuestiones que no tengan verdadera relación con los intereses del hombre y sea preciso olvidar al salir del estudio, como son casi todas las celebradas en la escuela Peripatética. La carrera de las ciencias es muy larga y demasiado corta la vida humana, para hacer tan mal uso del tiempo.”

Oración de estudios. José Félix de Restrepo.³⁷⁷

La obra científica de Francisco José de Caldas está constituida por una serie de textos diversos que fueron redactados entre los años de 1801 y 1815. Entre estos escritos, de diversa extensión y naturaleza, se encuentran *memorias, artículos, discursos, descripciones, informes, ensayos, anotaciones de viaje y discursos*, entre otros formatos.³⁷⁸

En su trabajo cotidiano, Caldas jamás dejó de realizar exhaustivas mediciones y observaciones científicas - astronómicas, meteorológicas, termométricas, hipsométricas, geográficas, topográficas, cartográficas, botánicas, antropológicas - y de recolectar gran cantidad de datos que le permitieron obtener un profundo conocimiento de los diversos temas que le fueron interesando a lo largo de su trayectoria científica. Estos muchos intereses se vieron reflejados en los variados escritos que fue redactando para dejar constancia y registro de los conocimientos que fue adquiriendo tras toda una vida dedicada al estudio.

La mayoría de los textos científicos de Caldas fueron publicados a manera de artículos (18 en total) entre los años de 1808 y 1810 en el periódico santafereño titulado *Semanario del Nuevo Reino de Granada*.³⁷⁹ Otros dos textos de autoría de Caldas - sus primeros escritos en ser publicados -

³⁷⁷ RESTREPO, José Félix de. *Oración. Para el Ingreso de los estudios de Filosofía, pronunciada en el Colegio Seminario de la Ciudad de Popayán, en el mes de Octubre de 1791.* Esta *Oración* fue publicada en los números 44 y 45 del semanario *Papel periódico de la ciudad de Santafé de Bogotá* entre el 16 y el 23 diciembre de 1791. La cita se encuentra entre las páginas 372 y 373 del Número 45.

La digitalización del original se encuentra disponible en:

<https://bibliotecanacional.gov.co/content/conservacion?idFichero=127476> [Consultado en Enero 13 de 2019]

Véase también, en edición impresa: RESTREPO, José Félix de. *Obras completas.* Contextualización y notas por Daniel Herrera Restrepo. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 2002. pp. 413-421.

³⁷⁸ La totalidad de la obra escrita que se conserva de Francisco José de Caldas ocupa una extensión de 532 páginas desglosadas en 41 textos independientes. Véase: CALDAS, Francisco José. *Obras completas.* Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966.

³⁷⁹ Como se ha mencionado, esta publicación periódica fue fundada, dirigida y editada por el mismo Caldas y es muy relevante en el contexto de la historia social y cultural de la colonia pues fue, en sintonía con las concepciones ilustradas de la élite criolla, la primera publicación científica que vio la luz en el Nuevo Reino de Granada aunque sólo circuló entre 1808 y 1810. Véase: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada.* Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.

aparecieron en 1801 en el periódico santafereño llamado *Correo Curioso, Erudito, Económico y Mercantil de la ciudad de Santafé de Bogotá* que fue fundado por don Jorge Tadeo Lozano quien pertenecía a la élite ilustrada santafereña, era miembro de la Expedición Botánica y se interesó por incentivar la actividad cultural y académica del reino promoviendo la publicación de artículos científicos escritos por autores neogranadinos.

Varios otros textos de Caldas quedaron inéditos y fueron publicados tras su muerte a mediados y finales del siglo XIX o recuperados a lo largo de los siglos XX y XXI, entre ellos, algunas memorias sobre temas geográficos y botánicos y algunas relaciones de viaje.

Es interesante observar la manera como los escritos de Caldas reflejan su trayectoria vital; en ese sentido, es posible organizar y clasificar su obra escrita en los siguientes períodos cronológicos:

Los primeros artículos que publicó, en el *Correo Curioso*, en 1801, se corresponden con su etapa inicial autodidacta y aislada en Popayán que se extendió, en términos generales, entre 1796 y 1801, y en la que se esforzó por autoformarse en el estudio de las ciencias.

A continuación, vinieron los escritos del período comprendido entre 1802 y 1808; en este lapso, Caldas residió durante cuatro años en Quito y tuvo la oportunidad de trabajar conjuntamente con Humboldt y Bonpland y también fue integrado a la Expedición Botánica bajo la tutela de Mutis. En esta etapa de su vida, Caldas maduró sus intereses científicos (en especial el planteamiento matemático del principio termométrico de la hipsometría) y redactó relaciones de viaje y diversas memorias sobre temas geográficos.

El período más fructífero en cuanto a producción científica fue la etapa comprendida entre 1808 y 1810 cuando Caldas se estableció en Santafé como miembro de la Real Expedición Botánica, recibió el cargo de director del Real Observatorio Astronómico y, por iniciativa personal, acometió la edición del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* en el cual publicó la mayoría de sus artículos científicos sobre temas geográficos, astronómicos y botánicos.

Finalmente, el lapso que va de 1811 a 1816 comprende el momento más turbulento de la vida de Caldas pues, a causa de la agitada situación del reino, se vio forzado a abandonar su trabajo en Santafé y a asumir funciones políticas y militares que lo alejaron de las actividades puramente científicas hasta el momento de su muerte en 1816; de esta etapa final apenas sobrevive un *Discurso* inaugural de un curso militar formativo para ingenieros militares de la Provincia de Antioquia,³⁸⁰ una breve relación de un *Viaje al norte de Santafé de Bogotá*³⁸¹ y un cuaderno de *Lecciones de Fortificación y Arquitectura militar* impartidas en la Academia de ingenieros de Medellín.³⁸²

³⁸⁰ *Discurso preliminar el día en que se dio principio al curso militar del Cuerpo de Ingenieros de la República de Antioquia*. En: *Obras completas*. pp.55-78.

³⁸¹ *Viaje al norte de Santafé de Bogotá*. En: *Obras completas*. pp.499-502.

³⁸² *Lecciones de fortificación i arquitectura militar, dictadas en la Academia de Injenieros de Medellín por el coronel, injeniero jeneral Francisco José de Caldas* se conservan en un manuscrito de 416 páginas (redactado por alguno de los alumnos de Caldas) y está disponible en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia en:

https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/133566/0 [Consultado en Junio 4 de 2020]

Al tema específico de la hipsometría Caldas le dedicó cuatro textos entre los años de 1801 y 1809: dos de estos trabajos (uno de ellos publicado póstumamente en 1819) se ocupan explícitamente del principio termométrico de la hipsometría al que Caldas llegó en solitario y de manera autodidacta; los otros dos textos versan sobre asuntos relativos a mediciones barométricas e hipsométricas pero no abordan el tema de la correlación termométrica entre el punto de ebullición del agua, la presión atmosférica y la altura sobre el nivel del mar.

A continuación se hará una presentación general de cada uno de los cuatro textos referentes al tema de la hipsometría contextualizando su momento de escritura y publicación para luego, en el siguiente capítulo, ofrecer un análisis pormenorizado de las formulaciones y planteamientos matemáticos que Caldas utilizó para estructurar y sustentar su principio termométrico de la hipsometría.

7.1 - “*Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe.*” (1801).

En febrero de 1801 entró en circulación un periódico santafereño llamado *Correo curioso, Erudito, Económico y Mercantil de Santafé de Bogotá* que tenía como objetivo difundir noticias varias y producciones escritas de interés general que, además de fomentar la afición por la lectura entre el público común, resultasen útiles en lo relativo a la economía del reino y sirviesen también para incentivar el intercambio intelectual entre la selecta lista de suscriptores.³⁸³

Caldas fue uno de los suscriptores y puesto que entre sus conocidos de Popayán y Santafé ya había cobrado fama de hombre estudioso aficionado a quehaceres científicos e intelectuales, de manera informal se le invitó a colaborar en la publicación seriada con algún texto de su autoría que versase sobre cualquier tema de su elección; a pesar de las reservas que tenía sobre publicar cualquiera de sus escritos, Caldas empezó a escrutar sus muchos papeles con miras a elegir alguno que fuese digno de publicarse y someterse al escrutinio público:

“Confieso a usted que El Correo Curioso me ha hecho rever mis cartapacios antiguos y empolvados. Las observaciones de más de seis años en Timaná, Neiva, Santafé y Popayán y todos los lugares intermedios, sobre geografía, posición de los pueblos, curso de los ríos, producciones naturales en los tres reinos, comercio, industria, carácter, usos y costumbres de sus habitantes, monumentos de los indios, etc., dan material inmenso; pero es preciso ordenar, digerir, rectificar y muchas veces volver a consultar a las personas ilustradas y capaces de repetirlas, que se hallen en los mismos lugares de que se piensa hablar. Para no ocultar nada a un amigo que merece toda mi confianza, estoy dando a mis trabajos la forma de viaje, con este título: Viajes de Caldas hechos en diferentes tiempos: no aseguro a usted que no varíe aún éste; pero por ahora lo conservo.”³⁸⁴

³⁸³ Como trabajo de contexto, veáse: OTERO, Gustavo. *Historia del periodismo en Colombia*. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá. 1998. Capítulos I y II. pp.11-34. Todos los números del *Correo Curioso erudito, económico y mercantil de la ciudad de Santafé de Bogotá* se encuentran disponibles en formato digital en:

<https://www.bibliotecanacional.gov.co/content/ficheros-de-conservacion?id=127805> [Consultado en Mayo 3 de 2020]

³⁸⁴ *Carta 33 de Marzo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo*. pp.76-77.

Este proyectado libro de *Viajes de Caldas* nunca llegó a escribirse pero entre todos los materiales que Caldas revisó con miras a una posible publicación, finalmente eligió un artículo que remitió a Santafé entusiasmado ahora con la idea de publicar y de darse a conocer ante la comunidad ilustrada del reino:

*“Espero con impaciencia la razón que a usted pedí sobre El Correo, y en el siguiente le remitiré un papelucho sobre la elevación de Guadalupe sobre Santafé, que he extractado de mi Relación de Viaje. Lo ha de juzgar con imparcialidad, le ha de suprimir cuanto sea de su gusto; usted es el árbitro y el dueño de esta brochure.”*³⁸⁵

Este ‘papelucho’ que Caldas remitió a Santiago Arroyo para su revisión y aprobación era un escrito que llevaba por título *“Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe que domina esta ciudad [Santafé], dirigidas a los editores del Correo Curioso”* y había sido autografiado por Caldas en Popayán el 20 de mayo de 1801.



Plaza Mayor de Santafé en 1846. El Cerro de Guadalupe - con una altitud 3260 m.s.n.m. -, es el que aparece oculto por la torre derecha de la catedral.³⁸⁶

³⁸⁵ Carta 35 de Mayo 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.84. El término francés *Brochure* (también usado en lengua inglesa) puede traducirse como *panfleto* o *folleto*.

³⁸⁶ Acuarela realizada por el pintor inglés Edward Walhouse Mark (1817-1895). Imagen tomada de: <https://www.banrepcultural.org/coleccion-de-arte/obra/plaza-mayor-de-bogota-ap0057> [Consultado en Abril 6 de 2020]

El texto fue recibido con beneplácito por los editores del *Correo Curioso* y apareció publicado en los números 23, 24 y 25 del semanario en los días 21 y 28 de julio y 4 de agosto de 1801 y es importante subrayar el hecho de que se considera este artículo de Caldas como el primer trabajo científico publicado en el Nuevo Reino de Granada.³⁸⁷



Portada del Número 23 del *Correo Curioso, Erudito, Económico y Mercantil de Santafé de Bogotá* en el que apareció publicado el artículo de Caldas titulado *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe* entre julio y agosto de 1801.³⁸⁸

Este primer trabajo publicado de Caldas se ocupa de un problema topográfico e hipsométrico muy concreto: la determinación de la altura (con base en la utilización del barómetro) de uno de los dos cerros más prominentes a cuyas faldas se fundó la ciudad de Santafé en 1538. Siendo tanto la topografía como la hipsometría dos de sus materias preferidas, Caldas se propuso en este escrito fijar tanto la altura absoluta del cerro en relación al nivel del mar como su altura relativa en relación a la ciudad de Santafé que se asienta en la sabana que se extiende en sus laderas.

Para tal efecto, Caldas recurrió exclusivamente a mediciones barométricas y en ningún momento del texto deja entrever o llega a insinuar que estas medidas obtenidas sobre el barómetro estén relacionadas o puedan relacionarse con mediciones termométricas relativas al punto de ebullición del

³⁸⁷ En tanto fuente primaria, el texto de: *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'*, se halla publicado en: CALDAS, Francisco José. *Obras completas*. pp.365-374.

³⁸⁸ Imagen tomada de: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/120764/5

agua. Aunque cronológicamente las fechas de publicación del artículo coinciden con el momento en el que Caldas efectuó la excursión al volcán Puracé que, como se ha visto, terminó con la rotura accidental de un termómetro cuya reparación le llevó a descubrir la relación directa entre la presión atmosférica (y por ende la altura sobre el nivel del mar) y el punto termométrico de ebullición del agua, en este escrito de *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe* no se menciona nada al respecto y ello puede deberse a que, primero, se trataba de un texto ya escrito por Caldas (posiblemente en una estadía temporal en Santafé en 1796) que recuperó de entre sus notas y que, por lo tanto, era anterior al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría y, segundo, seguramente Caldas quería pulir y matematizar su descubrimiento antes de darlo a conocer y no deseaba exponerlo a la luz pública prematuramente sin estar aún seguro de su validez y de su primicia como descubridor.

Con el objetivo de fijar la altura del cerro de Guadalupe, Caldas recurrió a mediciones barométricas realizadas por él mismo y a tres cálculos que describió en detalle y cuyos resultados promedió al final para obtener mayor precisión y reducir el margen de error:

Cálculo 1º: Tras haber mencionado que las medidas barométricas pueden verse afectadas tanto por la variación diaria de la presión atmosférica como por el descuido de no hervir el mercurio del barómetro para disminuir el margen de error del instrumento, Caldas comenzó por comparar las mediciones barométricas realizadas sobre cuatro puntos conocidos agrupados en dos parejas para efectos de comparación: Caraburú³⁸⁹ y el volcán Pichincha (ambos puntos en las cercanías de la ciudad de Quito) y la ciudad de Santafé de Bogotá y el Cerro de Guadalupe.

A continuación, Caldas aplicó la fórmula concebida por el científico inglés Edmund Halley³⁹⁰ que relaciona la presión atmosférica con la altitud sobre el nivel del mar:

$$(h_3 - h_1) = (h_2 - h_1) \frac{\log P_1 - \log P_3}{\log P_1 - \log P_2}$$

En donde h_1 , h_2 , P_1 , P_2 son las alturas y presiones respectivas de dos puntos de referencia que deben estar a una latitud equivalente al tercer punto cuya altitud se trata de determinar, con presión P_3 medida con barómetro y altura h_3 por determinar.

³⁸⁹ Caraburú fue un importante punto de referencia geodésico establecido en cercanías de la ciudad de Quito por la *Misión geodésica francesa* en 1735. Por tratarse de un punto conocido y relevante, Caldas decidió tomarlo como referencia y punto de comparación en el momento de fijar la altura del Cerro de Guadalupe: “Sabemos que Caraburú es el punto más bien establecido en alturas entre todos los que sirvieron en la Provincia de Quito para la determinación de la figura de la tierra. M. de La Condamine manifiesta los cuidados, las combinaciones y los cálculos que les mereció la elevación de este lugar, la más baja de todas las estaciones en la serie de triángulos y el extremo boreal de la base de Yaruquí: este autor lo fija en 1,226,0 toesas.”. CALDAS, Francisco José. *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del ‘Correo Curioso’*. En: *Obras completas*. p.370.

³⁹⁰ **Edmund Halley** (1656-1742) fue un reconocido físico, astrónomo y matemático inglés, miembro de la Royal Society y famoso por haber identificado la periodicidad del cometa que, en su honor, fue bautizado como Cometa Halley. Fue amigo de Isaac Newton y su influencia resultó decisiva para que éste emprendiera la redacción y publicación de los *Philosophiae naturalis principia mathematica (Principios matemáticos de filosofía natural)* en 1687. Sobre su vida y obra, véase: ARMITAGE, Angus. *Edmund Halley*. Thomas Nelson and Sons LTD. 1966.

Y, tras aplicar la fórmula a los datos conocidos, derivó la altitud sobre el nivel del mar de cada punto expresándola en toesas; luego convirtió las alturas correspondientes a Santafé y al Cerro de Guadalupe a varas castellanas³⁹¹ según la conversión empleada por Jorge Juan en su tratado de *Observaciones Astronómicas*:

Punto de referencia	Altura del mercurio en el Barómetro	Altura sobre el nivel del mar en toesas	Altura sobre el nivel del mar en varas castellanas
Caraburú	21 Pulgadas, 2 3/4 Líneas	1226 toesas	
Pichincha	15 Pulgadas, 11 Líneas	2434 toesas	
Santafé	20 Pulgadas, 7 1/8 Líneas	1349,111 toesas	3141,865 varas castellanas
Guadalupe	19 Pulgadas, 0 2/3 Líneas	1679,054 toesas	3910,221 varas castellanas
Altura del Cerro de Guadalupe sobre Santafé		329,943 toesas	768,356 varas castellanas

Cálculo 2º: Tras haber realizado esta primera estimación, Caldas recurrió a la ecuación del astrónomo y matemático francés Pierre Bouguer que, al igual que la fórmula de Halley del primer cálculo, relaciona la presión atmosférica con la altura sobre el nivel del mar de la siguiente manera:

$$(h_3 - h_1) = 1000 \frac{29}{30} (\log P_1 - \log P_3)$$

En donde h_1 y P_1 representan, respectivamente, la altura sobre el nivel del mar de un lugar de referencia conocido y su presión barométrica y h_3 y P_3 , respectivamente, la altura (que se desea determinar) y la presión atmosférica (obtenida con barómetro) del punto cuya altura se intenta calcular.

Aquí, Caldas contrastó las alturas del Caraburú con Santafé y luego de Caraburú con el Cerro de Guadalupe y obtuvo los siguientes resultados:

Punto de referencia	Altura sobre el nivel del mar en toesas	Altura sobre el nivel del mar en varas castellanas
Santafé	1350,7 toesas	3145,549 varas castellanas
Guadalupe	1679,367 toesas	3910,964 varas castellanas
Altura del Cerro de Guadalupe sobre Santafé	328,667 toesas	765,415 varas castellanas

³⁹¹ Recuérdese que, como se ha mencionado en la sección 5.1, la **Toesa** fue una antigua unidad de longitud de origen francés equivalente a 1,949 metros o, en medidas de la época, a 7 pies castellanos y que la **Vara castellana** fue una antigua unidad de longitud utilizada en España y Portugal y, posteriormente, en sus colonias. Su longitud variaba en cada región (llegando a oscilar entre la Vara de Alicante con una longitud de 0,8359 metros y la Vara de Teruel con una longitud de 0,768 metros). La convención más empleada fue la llamada Vara castellana o Vara de Burgos con una longitud de 0,835905 metros (equivalente a tres pies castellanos de 0,278635 metros de longitud cada uno).

Cálculo 3º: En este último cálculo, Caldas aplicó la fórmula propuesta por Jorge Juan en sus *Observaciones astronómicas* señalando que “Los resultados de esta progresión son siempre más fuertes que los hallados por los métodos anteriores”:³⁹²

$$(h_3 - h_1) = \frac{207}{2} (P_1 - P_3) + \frac{0,215 (P_1 - P_3) (P_1 - P_3 - 1)}{2}$$

En donde h_1 y P_1 representan, respectivamente, la altura sobre el nivel del mar de un lugar de referencia conocido y su presión barométrica y h_3 y P_3 , respectivamente, la altura (que se desea determinar) y la presión atmosférica (obtenida con barómetro) del punto cuya altura se intenta calcular.

Y obtuvo los siguientes resultados:

Punto de referencia	Altura sobre el nivel del mar en toesas	Altura sobre el nivel del mar en varas castellanas
Santafé	1354,835 toesas	3155,191 varas castellanas
Guadalupe	1687,650 toesas	3930,274 varas castellanas
Altura del Cerro de Guadalupe sobre Santafé	332,815 toesas	775,083 varas castellanas

Para terminar su escrito, Caldas promedió los tres resultados obtenidos a partir de la aplicación de la fórmula de Halley (Cálculo 1), la de Bouguer (Cálculo 2) y la de Jorge Juan (Cálculo 3) obteniendo los siguientes resultados:

Punto de referencia	Altura obtenida sobre el nivel del mar expresada en toesas y en varas castellanas							
	Cálculo 1 Fórmula de Halley.		Cálculo 2 Fórmula de Bouguer.		Cálculo 3 Fórmula de Jorge Juan.		Promedio de los tres Cálculos. Resultado final.	
Cerro de Guadalupe	1679,054 toesas	3910,221 varas	1679,367 toesas	3910,964 varas	1687,650 toesas	3930,274 varas	1682,023 toesas	3917,153 varas
Santafé	1349,111 toesas	3141,865 varas	1350,700 toesas	3145,549 varas	1354,835 toesas	3155,191 varas	1351,549 toesas	3147,535 varas
Altura del Cerro de Guadalupe sobre Santafé	329,943 toesas	768,356 varas	328,667 toesas	765,415 varas	332,815 toesas	775,083 varas	330,475 toesas	769,618 varas

Y así termina el análisis matemático de Caldas sobre el problema topográfico que se propuso desentrañar en relación a la altura del Cerro de Guadalupe sobre el nivel del mar y sobre la ciudad de Santafé.

Resulta interesante contrastar los resultados obtenidos por Caldas en sus cálculos realizados entre 1796 y 1801 con las medidas que se aceptan actualmente expresadas en sistema métrico decimal (asumiendo como índice de conversión que una Toesa equivale a 1,949 metros y una Vara castellana a 0,835905 metros):

³⁹² CALDAS, Francisco. “Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del ‘Correo Curioso’”. p.371.

Punto de referencia	Alturas obtenidas por Caldas expresadas en toesas y en varas castellanas y convertidas a metros				Alturas sobre el nivel del mar establecidas en la actualidad
Cerro de Guadalupe	1682,023 toesas	3278,26 metros	3917,153 varas	3274,36 metros	3260 metros
Santafé	1351,549 toesas	2634,16 metros	3147,535 varas	2631,04 metros	2640 metros
Altura del Cerro de Guadalupe sobre Santafé	330,475 toesas	644,09 metros	769,618 varas	643,32 metros	620 metros

Asumiendo un margen de error considerable en relación a las alturas medidas pues se desconoce con exactitud qué punto de la ciudad de Santafé y qué punto exacto de la cima del Cerro de Guadalupe tomó Caldas como referencia para sus mediciones barométricas, se puede anotar que la medición de Caldas logró una aproximación de 14,36 metros en relación a la altura del Cerro de Guadalupe reconocida actualmente (Caldas obtuvo una altura – transcrita a sistema métrico decimal - de 3274,36 metros y actualmente se reconoce una altura para el cerro de 3260 metros); para la ciudad de Santafé, obtuvo una aproximación de 5,84 metros pues Caldas obtuvo una altura – convertida a metros – de 2634,16 metros y actualmente se acepta una altura de 2640 metros.

En conclusión, el texto de *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe* es un ejemplo notable de la minuciosidad observacional de Caldas y de su anhelo de precisión; a su vez, es una muestra de los conocimientos matemáticos que poseía y sobre los cuales, ampliados y contrastados con sus propias mediciones, sustentó su posterior descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría; por último, este escrito también deja traslucir la erudición que logró adquirir de manera autodidacta sobre los temas que le interesaban.

Y, aparte de su valor científico, la publicación trajo importantes beneficios a Caldas pues gracias a ella Mutis llegó a enterarse de sus trabajos y decidió escribirle para apadrinarlo y posteriormente integrarlo a la Expedición Botánica y, también, gracias a este artículo Caldas empezó a hacerse conocido en los círculos ilustrados del virreinato.

7.2 - “*Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica.*” (1802).

Cronológicamente, el segundo texto que Caldas dedicó al tema de la hipsometría fue el titulado *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica.*³⁹³ Este escrito fue terminado por Caldas durante los primeros meses de 1802 cuando se hallaba radicado en Quito y ya había tenido la oportunidad de conocer y compartir intereses y trabajos con Humboldt y Bonpland.

³⁹³ Como fuente primaria, véase: CALDAS, Francisco José. *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*. En: *Obras completas*. pp.293-302.

Como se ha mencionado, la convivencia y colaboración con Humboldt y Bonpland se extendió entre febrero y marzo de 1802 mientras Caldas y los viajeros europeos permanecieron alojados en la Hacienda de Chillo, en las cercanías de Quito.³⁹⁴ Siguiendo la correspondencia de Caldas, se sabe que el rompimiento con el Barón - a raíz del malogrado intento del científico payanés de vincularse como compañero de viaje a la expedición de Humboldt y Bonpland - tuvo lugar el 3 de abril de 1802 y, aunque los viajeros europeos permanecieron en Quito hasta junio, Caldas decidió distanciarse y se dedicó a adelantar sus propios trabajos científicos que ahora, en su calidad de colaborador de la Expedición Botánica, eran dirigidos y patrocinados por Mutis desde Santafé.

Pocos días después del evento de ruptura con Humboldt, el 21 de abril (es decir, dieciocho días después de haber recibido la negativa del Barón), Caldas escribió a Mutis en Santafé y tras consignar algunas quejas en relación a lo acaecido con el científico prusiano, también le informaba sobre la continuación de sus trabajos y le mencionaba el envío de un escrito personal que ponía a su disposición y bajo su escrutinio crítico:

“Este es el momento en que comienzo a amar mis tinieblas. ¿Pero mi instrucción está vinculada a la compañía del Barón de Humboldt? ¡Qué triste suerte si fuese esto verdad! No, no está vinculada a su sociedad. ¡Que verdad tan consoladora! Persuadido de ella he formado una memoria sobre un nuevo plan de viaje, que ofrecí a usted en mi anterior, y ahora remito, con otra sobre un pequeño descubrimiento que me parece haber hecho en el termómetro. Si merece la aprobación del sabio Mutis, no apetezco la de la Europa.”³⁹⁵

Así, siguiendo el rumbo de Caldas y el orden cronológico de su correspondencia y de sus obras escritas, es posible hacerse una idea clara de la génesis y maduración del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría:

Todo comenzó con la expedición al volcán Puracé en los primeros meses de 1801 en la que Caldas rompió accidentalmente su termómetro; al tratar de reparar el aparato Caldas descubrió un desfase de calibración entre la escala de temperatura restaurada por él y la original del instrumento y eso lo llevó a intuir - por primera vez - que el punto de ebullición del agua podía variar en función de la altitud sobre el nivel del mar.

Entusiasmado con este posible descubrimiento, se dedicó a analizar a fondo el trasfondo teórico del asunto y realizó otras observaciones termométricas en lugares diversos que pudieran corroborar su hipótesis aunque se veía limitado por el hecho de que no tenía ningún barómetro a su disposición *“porque el único barómetro del que disponía se le rompió en El Pital a finales de 1796 y lo reemplazo solo hasta 1801 con el que le regaló Mutis.”*³⁹⁶ y por lo tanto solo contaba con sus registros escritos de mediciones barométricas anteriores.

³⁹⁴ Véase el capítulo 6, apartado 6.1: *Residencia en Quito I. Francisco José de Caldas y Alexander von Humboldt.*

³⁹⁵ *Carta 65 de Abril 21 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis.* p.182.

³⁹⁶ AMAYA. José. SUÁREZ, Iván. *Ojos en el cielo, pies en la Tierra. Mapas, libros e instrumentos en la vida del sabio Caldas.* p.29.

Mientras tanto, escribió a Santafé a su amigo Santiago Arroyo cuatro cartas fechadas entre el 20 de marzo y el 5 de junio de 1801 en las que le participaba su hallazgo aunque le recomendaba la máxima discreción y le daba indicaciones precisas para que él también realizara algunas mediciones termométricas en Santafé; dado lo seguido de la correspondencia y las profusas descripciones que hace de sus observaciones, se vislumbra el hecho de que Caldas estaba muy dedicado estudiando a fondo las implicaciones de su hallazgo.

Por las mismas fechas, entre marzo y mayo de 1801, remitió a Santafé un artículo en el que trataba de determinar la altura del Cerro de Guadalupe apelando a las fórmulas barométricas de Edmund Halley, Pierre Bouguer y Jorge Juan - que fue publicado en el *Correo Curioso* entre julio y agosto - y en el que no se hacía mención de ningún 'pequeño descubrimiento hecho en el termómetro'.³⁹⁷ Por lo demás, la publicación de este artículo le trajo a Caldas el reconocimiento de Mutis quien, interesado, le escribió para apoyarle y le envió como regalo "*dos buenos tubos de barómetro y las obras maestras de Linneo*".³⁹⁸

Para finales de 1801, Caldas pasó a residir en Quito y continuó haciendo observaciones barométricas y termométricas y, ya para los primeros meses de 1802, tuvo lugar la interacción con Humboldt y Bonpland y la posterior ruptura.

Y llegados a este punto, para abril 21 de 1802, Caldas escribió una nueva misiva a Mutis en la que le comunicaba del envío de una *Memoria sobre un nuevo plan de viaje* (puesto que el viaje soñado con Humboldt ya no se realizaría) y otra *Memoria sobre "un pequeño descubrimiento que me parece haber hecho en el termómetro"*.

¿Qué había ocurrido durante aquel año que va de los primeros meses de 1801 (cuando había tenido lugar el '*pequeño descubrimiento*') a abril de 1802 en el que Caldas confió por primera vez su hallazgo a Mutis?

Sin duda, la relación con Humboldt y Bonpland había resultado muy enriquecedora para Caldas en muchos sentidos pues, durante su convivencia, el científico neogranadino pudo acceder a la biblioteca de viajero de Humboldt e investigar sobre los temas de su interés y también pudo nutrirse de viva voz del conocimiento y el gran bagaje cultural y científico de los viajeros europeos:

"La astronomía y la geografía han hecho mis delicias, y he adquirido en estos ramos algunos conocimientos. Yo no creía que obraba con tanto acierto hasta la llegada del Barón. He confrontado mis observaciones, he manifestado mis pobres y miserables instrumentos y han agradado a este viajero. Ellas, antes de conocerme le arrancaron un elogio, que el amor propio más desordenado quedaría satisfecho. Es preciso confesar en honor de este sabio, y de la verdad que me ha dado luces inmensas en la astronomía, me ha perfeccionado en el uso del optante [octante], me ha dado un rico catálogo de 560 estrellas, la

³⁹⁷ Como se ha citado más arriba en este mismo capítulo, en marzo 20 de 1801 Caldas comentó a Santiago Arroyo que: "*Confieso a usted que El Correo Curioso me ha hecho rever mis cartapacios antiguos y empolvados.*", y poco después, en mayo 5, decía que: "*Espero con impaciencia la razón que a usted pedí sobre El Correo, y en el siguiente le remitiré un papelucho sobre la elevación de Guadalupe sobre Santafé [...]*"

³⁹⁸ *Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis.* p.113.

fórmula para el cálculo de las declinaciones, tablas de refracciones a diferentes elevaciones, sobre el mar, los métodos de la Borda³⁹⁹ para las distancias de la luna al sol, mil pequeñas prácticas para la perfección de las observaciones, todo esto y mucho más debo a este prusiano: sería un ingrato si no lo confesara abiertamente. Me ha puesto en estado de manejarme por mí solo, y de hacer algo de provecho.”⁴⁰⁰

De esta manera, el texto de una *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*, remitido a Mutis el 21 de abril de 1802, resulta muy interesante e importante dentro de la obra de Caldas por al menos dos razones relevantes:

En primer lugar, en el momento de su escritura Caldas ya había tenido la oportunidad de ilustrarse al lado de Humboldt y Bonpland y por lo tanto sus conocimientos, tanto teóricos como prácticos, se habían incrementado y madurado en relación a sus trabajos anteriores (incluido el texto sobre la altura del Cerro de Guadalupe que fue terminado apenas unos pocos meses antes del encuentro con los viajeros europeos).

En segundo término, la escritura de la *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica* fue el primer intento formal que hizo Caldas por exponer su descubrimiento en un texto argumentativo presentando de una manera clara y ordenada sus razonamientos.

Por lo demás, el texto de Caldas no tuvo ninguna trascendencia más allá del intercambio epistolar privado con Mutis y permaneció inédito hasta el año de 1909 cuando apareció publicado en Madrid - junto con otros escritos de Caldas - en el libro titulado *Expedición Botánica de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada y Memorias Inéditas de Francisco José de Caldas* de autoría del académico e intelectual colombiano Diego Mendoza Pérez.⁴⁰¹

En cuanto a su contenido puntual, la *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica* comienza con una rápida noticia sobre el adelanto de diversos trabajos botánicos y con una mención al prolongado interés de Caldas por las mediciones barométricas y termométricas en las que ha logrado alcanzar una gran destreza a fuerza de dedicación y trabajo:

³⁹⁹ Referencia al físico, matemático, astrónomo y marino francés **Jean-Charles de Borda** (1733-1799).

⁴⁰⁰ *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*. p.300.

⁴⁰¹ **Diego Mendoza Pérez** (1857-1933) fue un destacado intelectual y político colombiano que se interesó por el estudio de la historia y la sociología y fue uno de los primeros autores en adelantar investigaciones sobre la historia de la ciencia y de la educación en el virreinato y en el período republicano. Véase: MENDOZA, Diego. *Expedición Botánica de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada y Memorias Inéditas de Francisco José de Caldas*. Librería General de Victoriano Suárez. Madrid. 1909.

“Hace muchos años que el barómetro y su compañero el termómetro son el objeto de mis profundas meditaciones. He trabajado sobre ellos de un modo y con una constancia nada común, y me parece que he dado algún paso interesante, y que he hecho un pequeño descubrimiento.”⁴⁰²

A continuación, Caldas describe el curso que habían seguido sus indagaciones comenzando por cuestionar un método – ideado en Europa – que aspiraba a deducir la altura de una montaña registrando las temperaturas ambientales sobre el terreno; tal método, en opinión de Caldas, resulta completamente inviable e impreciso hasta el punto de no merecer verificaciones experimentales en razón de su evidente imperfección y grado de incertidumbre:

“Leí en Sigaut de la Fond⁴⁰³ (tomo 3, página 203) la idea de medir la altura de las montañas por medio del termómetro, y las experiencias hechas por Mr. Heberden.⁴⁰⁴ El resultado fue que por 190 pies de altura bajaba un grado cada vez el termómetro. Este método me pareció y me parece sumamente impracticable e imperfecto. El calor de la atmósfera está expuesto a las mayores variedades en el mismo nivel. Si el tiempo es sombrío, si hay sol, si corre tal y tal viento, una reflexión, lo abrigado o expuesto del lugar, la hora misma, todo influye sobre el licor del termómetro, todo nos arroja en la incertidumbre acerca del grado de calor de un cierto punto. Y ¿cómo asegurarse del calor relativo de la base y de la cima de una montaña? Aunque supongamos dos observaciones con sus termómetros, que observasen al mismo momento, una nubecilla puesta sobre el primero haría variar cantidades terribles el licor, y por consiguiente, la altura de la montaña. No hay método más expuesto a error que el indicado: lo miré siempre con desprecio, y no quise gastar mi tiempo en verificarlo.”⁴⁰⁵

Tras esto, Caldas narra cómo la reparación de un termómetro roto lo llevó a intuir que existía cierta relación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica (y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar) y su sorpresa al no hallar ninguna mención a este fenómeno en los libros científicos que pudo consultar al respecto:

“Un día trabajaba por señalar el término superior de la escala de un termómetro que se había roto en el extremo del tubo, y se podía componer. Sumergí mi tubo en el agua hirviendo, subió, no a los 80° de

⁴⁰² Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica. p.294.

⁴⁰³ Caldas hace referencia al físico y médico francés **Joseph-Aignan Sigaud de Lafond** (1730-1810) quien, participando del espíritu del movimiento ilustrado, fue uno de los promotores de la enseñanza de la física experimental creando para tal fin los primeros ‘cabinets de physique’ - ‘gabinetes de física’ - a manera de aulas especializadas para la enseñanza de las ciencias físicas y naturales. Caldas hace referencia al libro de *Elémens de physique théorique et expérimentale* publicado, en 4 volúmenes, en París en 1787 y del cual se había realizado una traducción al español bajo el título de *Elementos de física teórica y experimental* que fue publicada en la Imprenta Real de Madrid entre 1787 y 1792 (esta es la obra citada por Caldas).

⁴⁰⁴ **William Heberden** (1710-1801) fue un médico y erudito inglés que llegó a ser miembro de la Royal Society; aunque sus aportes se dieron en el campo de la medicina, demostró que las lecturas de los pluviómetros variaban en función de la altitud sobre el suelo a la que se encontrara el instrumento.

⁴⁰⁵ Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica. pp.294-295.

Reaumur, porque obraba a 800 toesas sobre el nivel del mar, y con solo la presión de 22 pulgadas 11 líneas, en lugar de las 28 que se necesitaban. Los grados de mi nueva escala eran muy cortos y era preciso ensancharlos. ¿Pero sobre qué principios debía conducir mi cálculo? Nada hallaba escrito en particular. Medito, reflexiono, y he aquí que nacen en mi espíritu estas ideas.”⁴⁰⁶

Llegado a este punto, Caldas consigna el razonamiento inductivo que lo llevó – sin más recurso que su inteligencia, su talento y sus propias observaciones y mediciones - al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría:

“Me decía a mí mismo: el calor del agua hirviendo es constante a igual presión atmosférica, si se obra sobre una agua pura y en vaso conveniente; es menor este calor cuando se disminuye la presión, y es proporcional a esta. ¿No es este el más bello método para determinar tanto la presión atmosférica como la elevación de los lugares, con tanta exactitud como lo puede hacer el barómetro y quién sabe si libre de los efectos de las atracciones del calibre de los tubos, de la pureza del mercurio, de la forma y diámetro de la cubeta que siempre afectan a este? El calor del agua es proporcional a la elevación en que hierve, como lo es la columna de mercurio en el barómetro al peso de la atmósfera. He aquí, concluía yo, reunidos en el termómetro las propiedades de ambos instrumentos. Volvía sobre mis pasos, examinaba de nuevo mis principios: todos eran incontestables, todos eran unas verdades físicas. ¿Habré hecho yo un descubrimiento? ¿Se habrán ocultado estas ideas a los hombres más grandes? Sea como fuere, a mí se me acaban de presentar por sí solas. Yo vivo en las tinieblas de Popayán: el libro más reciente que ha llegado a mis manos es Sigaut de la Fond; este nada dice sobre mi asunto, y nada pierdo en creermelo, si no primero, al menos original.”⁴⁰⁷

Sin embargo, para el momento en que llegó a la conclusión de que el nivel de temperatura del agua hirviendo estaba en directa relación con la presión atmosférica (y, por lo tanto, con la altitud sobre el nivel del mar), se vio contrariado por el hecho de que todo su instrumental científico se reducía a un termómetro roto (y por lo tanto con la escala termométrica estropeada) así que acudió a un conocido para conseguir prestado otro termómetro que pudiera utilizar como referencia:

“Un termómetro roto era todo mi aparato, y me veía ligadas las manos. Sé que un particular poseía uno y le guardaba como una alhaja preciosa. Tomo mis medidas, le saco de sus manos; examino el término del hielo, lo hallo bueno; supongo también bueno el agua hirviendo; por ser de Dollond,⁴⁰⁸ cerrado a las 28

⁴⁰⁶ *Ibíd.* p.295.

⁴⁰⁷ *Ibíd.* pp.295-296.

⁴⁰⁸ Caldas se refiere a que el termómetro en cuestión había sido manufacturado por la compañía inglesa de fabricación de instrumentos científicos *Dollon & Company* que había sido fundada en 1750 por el fabricante de instrumentos ópticos **Peter Dollond** (1731-1820) y cuya sede se encontraba en Londres.

pulgadas en Londres, examino la escala: no era muy exacta; sustituyo otra, adapto una laminilla movable, que hace veces de nonio o vernier:⁴⁰⁹ con esto divido el grado en diez partes.”⁴¹⁰

Tras poner a punto su modesto instrumental científico, Caldas estuvo listo para comprobar la validez de su hipótesis de que el punto termométrico de ebullición del agua varía en relación directa a la presión atmosférica y, por ende, a la altura sobre el nivel del mar; como es lógico, la hipótesis sólo podía comprobarse tras realizar tantas observaciones como fuese posible a diferentes altitudes sobre el nivel del mar para corroborar si las equivalencias matemáticas entre medidas termométricas y medidas barométricas (indicadoras de la presión atmosférica y, por lo tanto, relacionadas directamente con la altura sobre el nivel del mar) se ajustaban a lo presupuestado por Caldas:

“Preparado mi termómetro, decía: los 80° de calor del agua indican 28 pulgadas. El grado que medí en Popayán es el calor que debe corresponder a 22 pulgadas 11 líneas, que es la altura a que se mantiene en Popayán; la diferencia de estos grados de calor es a la diferencia del barómetro como un grado del termómetro a la cantidad que corresponde en el barómetro. Este resultado debe ser el exponente para con solo el calor del agua hirviendo calcular la del mercurio en el barómetro. Hago mis primeros ensayos, y el resultado es de los más felices. El cálculo me da por altura del barómetro en Popayán 22 pulgadas 10 $\frac{3}{4}$ líneas, solamente $\frac{1}{3}$ de línea más pequeño que la que indicaba mi barómetro. ¡Ah! ¡qué júbilo se apodera de mi corazón! ¡Qué deseo, qué furor de verificar mi método con nuevas observaciones hechas a diferentes elevaciones!”⁴¹¹

Entusiasmado con los primeros resultados observacionales que parecían corroborar la validez de su hipótesis, Caldas efectuó muchas otras pruebas con la mayor meticulosidad posible para minimizar tanto como fuera posible el margen de error y trató de depurar al máximo sus condiciones de observación para así eliminar cualquier factor anómalo que pudiera alterar las mediciones hechas sobre el terreno:

“Llené mi barómetro con la última escrupulosidad: no perdí de vista la más pequeña circunstancia: mercurio, cubeta, escala, todo se rectificó. Empecé una serie de observaciones del barómetro, casi de hora en hora, por mucho tiempo, para asegurarme de la elevación de él en Popayán; destilé agua con todo

⁴⁰⁹ Un *nonio* puede definirse como una segunda escala de precisión complementaria que poseen algunos instrumentos de medición; dicha escala suplementaria permite distinguir valores más pequeños que las unidades indicadas en la escala principal del instrumento. El *nonio* también se denomina *Escala de Vernier* en honor al matemático francés **Pierre Vernier** (1580-1637), quien en su obra de 1631 titulada *Construcción, uso y propiedades del nuevo cuadrante de matemáticas*, concibió y describió este sistema para medir longitudes con gran precisión. El instrumento denominado *Calibrador* (también llamado *Vernier* o *Pie de Rey*) es uno de los instrumentos cotidianos de medición que emplea el *nonio* o *Escala de Vernier* y que permite observar empíricamente el funcionamiento del sistema.

⁴¹⁰ *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica.* p.296.

⁴¹¹ *Ibidem.*

el aseo y cuidado imaginable, en alambiques nuevos y preparados ex profeso; sujeté esta agua al examen de la solución de plata y de mercurio por el espíritu de nitro; la herví muchas veces, consultando el barómetro en el mismo momento, e indiqué el calor del agua en mi termómetro. Los resultados fueron 75° 65' término de Reaumur, cuando el barómetro indicaba 22 pulgadas 11,2 líneas. Tomé el nivel y la presión de Popayán como el término a que debía comparar mis elevaciones, y los resultados de mi trabajo sobre o bajo su nivel. Con estos preparativos emprendí un pequeño viaje a la cordillera, con el mismo barómetro, el mismo termómetro, y la misma agua: verifiqué cinco observaciones a toda mi satisfacción.”⁴¹²

Finalmente, tras foguear su hipótesis sobre el terreno y obtener datos observacionales que parecían corroborarla pues se ajustaban a lo esperado, llegó el momento de realizar los cálculos necesarios para obtener un coeficiente aritmético específico que describiese la relación matemática existente entre grados de temperatura (en la escala termométrica Réaumur) y pulgadas de mercurio en el barómetro:

“Calculo por solo el calor del agua, y veo con la mayor complacencia que mis resultados tienen una precisión que no esperaba; las mayores diferencias apenas son de 1 ½ línea, y en las más no llega a ella. En mi viaje a esta ciudad no pude hacer más que dos, que tuvieron el mismo efecto feliz. El exponente, fruto de mil combinaciones y trabajos lo he fijado por ahora en 0°,974 grados de Reaumur, por una pulgada del barómetro. Yo hallo mil ventajas en este método, que expondré en mi Memoria sobre él, pero sobre todo de que su exponente es relativo a la altura del barómetro y a la presión, y no a la altura del lugar, que jamás sigue la ley de la presión y del calor: es un exponente que necesita de añadir y quitar, ya se obre en altas montañas, ya al nivel del mar.”⁴¹³

Finalmente, Caldas reconocía que la interacción con Humboldt le enseñó mucho sobre qué tanto se sabía en Europa en relación al tema de la hipsometría y el tipo de investigaciones que se habían realizado sobre la relación entre el punto de ebullición del agua, la presión atmosférica y la altitud sobre el nivel del mar.

El temor principal de Caldas era que el principio termométrico de la hipsometría que él había descubierto en solitario y sin ayuda ya se conociera en Europa desde años atrás y, en ese caso, su mérito se reduciría a haber recorrido sin pistas un camino ya trillado por otros; por otra parte, en caso de que el principio termométrico de la hipsometría fuese desconocido, como él esperaba, entonces debía ser sumamente cauteloso en el momento de interrogar a Humboldt al respecto para tratar de instruirse pues, si participaba al Barón de sus experiencias y descubrimientos abiertamente, lo más probable era que el científico prusiano se apresurase a tomar nota del descubrimiento contrastándolo con sus propias observaciones para posteriormente publicar el hallazgo y, dado su enorme

⁴¹² Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica. pp.296-297.

⁴¹³ Ibid. p.297.

reconocimiento transcontinental (y aunque no existiese mala intención de su parte), terminase por llevarse todo el mérito del descubrimiento dejando a Caldas sumido en el anonimato y en la frustración de ver su hallazgo perdido y en manos de otros.

Cuidando entonces de no revelar sus avances, Caldas sondeó a Humboldt con mucho tacto sobre el tema de la hipsometría y en un principio los comentarios del Barón dieron a entender que la relación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica (vinculada a su vez a la altitud sobre el nivel del mar) ya se conocía y había sido estudiada en Europa; sin embargo, cuando Caldas quiso indagar más a fondo al respecto, Humboldt cayó en cuenta de que la relación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica no había sido ni estudiada ni descrita y que en la literatura científica que él conocía tan sólo se había analizado la relación entre la altitud y la variación de la temperatura atmosférica:

“En este estado estaban mis cosas cuando llegó a Quito el señor Barón. En las primeras conversaciones le traté sobre la materia, y me dijo que Sucio⁴¹⁴ había trabajado sobre el particular, y había enseñado el método de medir las montañas con el termómetro. Ya se deja ver con qué ansia oiría al Barón sobre este punto. Yo creí, vi mis ideas como una cosa que había nacido en mi espíritu a 20 años de agotada en Europa, y solo traté de presentar unas ideas confirmatorias de la teoría de Sucio, apreciada por ser en grandes elevaciones y en la vecindad del ecuador. Insté a este sabio viajero por el exponente y por las experiencias de Sucio; pero cuando quiso tomarlo de sus manuscritos, halla que Sucio no había pensado en el agua hirviendo, que este físico solo era el perfeccionador del método de Herder,⁴¹⁵ que asigna 640 pies por un grado de menos en el termómetro expuesto al aire; y vuelvo yo a entrar en posesión de mi pequeño descubrimiento.”⁴¹⁶

De esta manera, tras compartir con Humboldt y Bonpland en los meses de enero, febrero, marzo y mayo de 1801 - y luego de que tuviese lugar, el 3 de abril de 1802, el abrupto distanciamiento con Humboldt en razón de su negativa de integrar a Caldas en la continuación de su viaje por América del Sur -, el científico neogranadino se sentía en posesión de un auténtico y valioso descubrimiento científico; y no deja de ser significativo que apenas dieciocho días después de la ruptura con Humboldt (y aún acongojado por su rechazo) Caldas se apresuró a consignar por escrito su descubrimiento para hacerlo llegar a Mutis en Santafé.

Por último, Caldas terminaba su escrito mencionando a Mutis tres puntos de la mayor importancia:

⁴¹⁴ Referencia al naturalista, botánico y geólogo suizo **Horace Bénédict de Saussure** (1740-1799) quien, aparte de sus investigaciones científicas, es reconocido como el padre del alpinismo por su afición de recorrer y escalar los Alpes para adelantar investigaciones científicas. Interesado en la meteorología, realizó extensas observaciones barométricas, higrométricas y termométricas analizando factores como el punto de ebullición del agua, la humedad atmosférica y la temperatura ambiental a diferentes alturas. Entre sus obras se cuentan tratados de botánica, higrometría y geología.

⁴¹⁵ Referencia dudosa pues no es claro a qué científico o personaje puede referirse Caldas con esta mención.

⁴¹⁶ *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica.* p.297.

“Remitiré una tabla de mis operaciones o mejor de mis resultados. En ella se verá con admiración la perfecta correspondencia del calor con la presión, y la exactitud del método para conocer la altura del barómetro, dado el calor del agua hirviendo. ¡Qué grado de perfección adquirirá esta teoría con mis observaciones sobre el Chimborazo, a todas las elevaciones! ¡Qué nociones sobre la presión deducidas de unas operaciones hechas en las montañas más elevadas del mundo conocido! ¡Qué Memoria tan interesante se podría formar y publicar antes que el Barón llegase a Europa! Para darle la última mano es preciso ir al nivel del mar. ¿Y qué lugar más oportuno que Guayaquil, al pie, se puede decir, del inmenso Chimborazo? Yo deliro cuando, me imagino ir bajando con mis instrumentos desde el término de la nieve permanente hasta el mar, y a cada pulgada de más en el barómetro verificar una observación del calor del agua, y que cuando haya llegado a la costa verifique la altura media del barómetro por unos métodos y con una exactitud que no conocieron los determinadores del grado del Meridiano. ¡Ah! ¡qué punto tan importante es este! ¿Serán nuestros mares más elevados que el Mediterráneo y demás situados en la zona templada y glacial? Si es así, ¿será acaso esto una nueva prueba de la rotación de nuestro globo? ¿Será efecto de una atracción más poderosa? ¡Qué gloria para el sabio Mutis proteger, hacer una expedición que resuelva este importante problema! Es pues necesario bajar a Guayaquil en busca de la teoría del termómetro, y de la elevación media del mercurio al nivel del mar.”⁴¹⁷

Así, en primer lugar Caldas anunciaba la próxima elaboración de una *Memoria* más detallada en la que incluiría todas las formulaciones matemáticas y las tablas de observaciones que no aparecían en este primer escrito; el texto mencionado terminó siendo el *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* que, con caligrafía manuscrita de Caldas, aparece fechado en Quito, en Abril de 1802 aunque este documento nunca salió a la luz pública en vida de Caldas y sólo fue publicado póstumamente en Burdeos en 1819 (tres años después de su muerte).⁴¹⁸ El *Ensayo de una memoria* es el trabajo más importante y detallado que Caldas escribió sobre el tema de la hipsometría y en él se encuentran tanto las formulaciones matemáticas como los registros de observaciones sobre los cuales el científico neogranadino sustentó su descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría.

En segundo término, es significativo el hecho de que Caldas mencione la pertinencia de escribir y publicar la *Memoria* anunciada antes de que el Barón Humboldt regresase a Europa. Esta anotación de Caldas revela la preocupación que le embargaba de verse eclipsado por Humboldt y desposeído de su legítimo descubrimiento en caso de que durante su convivencia en Quito, y en el transcurso de sus conversaciones sobre el tema de la hipsometría que tanto ilustraron a Caldas, el científico prusiano hubiese intuido el hallazgo del principio termométrico. El temor de Caldas era que el Barón Humboldt no sólo hubiese comprendido el descubrimiento que Caldas trataba de ocultarle sutilmente sino que también, aunque no hubiese ninguna malicia de su parte, terminara refinándolo

⁴¹⁷ *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*. pp.297-298.

⁴¹⁸ El texto apareció publicado bajo el título de: *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice que contiene algunas observaciones muy importantes y útiles para la mejor inteligencia de dicha Memoria, por Don Francisco José de Caldas*. Burdeos, en la Imprenta de Lavallo Joven y Sobrino, Paseo de Tourny, número 20, 1819.

por sí mismo y, considerándolo como algo casual surgido de las conversaciones con Caldas, se aprestara a publicarlo como propio una vez regresara a Europa.

Y en tercer lugar, el escrito termina con la petición de Caldas apelando al patrocinio de Mutis y al apoyo económico por parte de la Expedición Botánica para la adquisición de algunos instrumentos científicos y, sobre todo, para emprender un viaje por los Andes ecuatorianos atravesando múltiples alturas y latitudes con el objetivo de realizar numerosas observaciones barométricas y termométricas que permitiesen corroborar el principio termométrico de la hipsometría de manera contundente; como beneficio anexo, Caldas mencionaba la posibilidad de estudiar otras materias de sumo interés tales como la geografía de los lugares visitados y las variedades botánicas endémicas de cada región. El trayecto propuesto por Caldas iba de Quito a Guayaquil, en donde esperaba embarcarse sobre el Pacífico rumbo al norte hasta el puerto de Acapulco para posteriormente atravesar México hasta Veracruz, allí navegaría rumbo a La Habana, Puerto Rico y Jamaica hasta finalmente arribar a Cartagena; ya de regreso en el Nuevo Reino de Granada, esperaba recorrer el Río Grande de la Magdalena hasta el puerto de Honda para desde allí remontar la cordillera con rumbo a Santafé a donde llegaría, henchido de experiencias y conocimientos provechosos, para rendir homenaje a su apreciado y admirado mentor: “*¡Qué gloria redundará de esta empresa concebida y ejecutada bajo la protección de este sabio [Mutis]! Tendremos con qué vindicamos del desaire de Humboldt.*”⁴¹⁹

Al final, la expedición terminaría con la redacción y publicación de una voluminosa y valiosa *Relación de viaje* que perduraría en los anales de la historia natural y que traería fama y reconocimiento tanto a la Real Expedición Botánica como a su laureado director José Celestino Mutis:

*“Cargado de los despojos de ambas Américas, lleno de luces y de gloria, me presentaré a mi benefactor, a mi padre; pondré a sus pies todos mis trabajos, como debidos a su bondad y a su beneficencia; él será dueño absoluto de todo, como lo es de mi corazón; él corregirá mis descuidos, él dirigirá, él publicará una relación de un viaje costeado, apoyado, dirigido por su sabiduría y su magnífica, toda la gloria que resulte de él se acumulará sobre su cabeza, y en fin, tendrá el dulce placer de haber formado a un joven, de haberle sacado de la oscuridad, de haberle labrado su felicidad.”*⁴²⁰

7.3 - “Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá.” (1809).

El último texto que Caldas dedicó al tema de la hipsometría fue el artículo titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá* que apareció publicado, en dos entregas, los días 19 y 26 de noviembre de 1809 en los números 46 y 47 del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* del cual Caldas era director y editor principal.

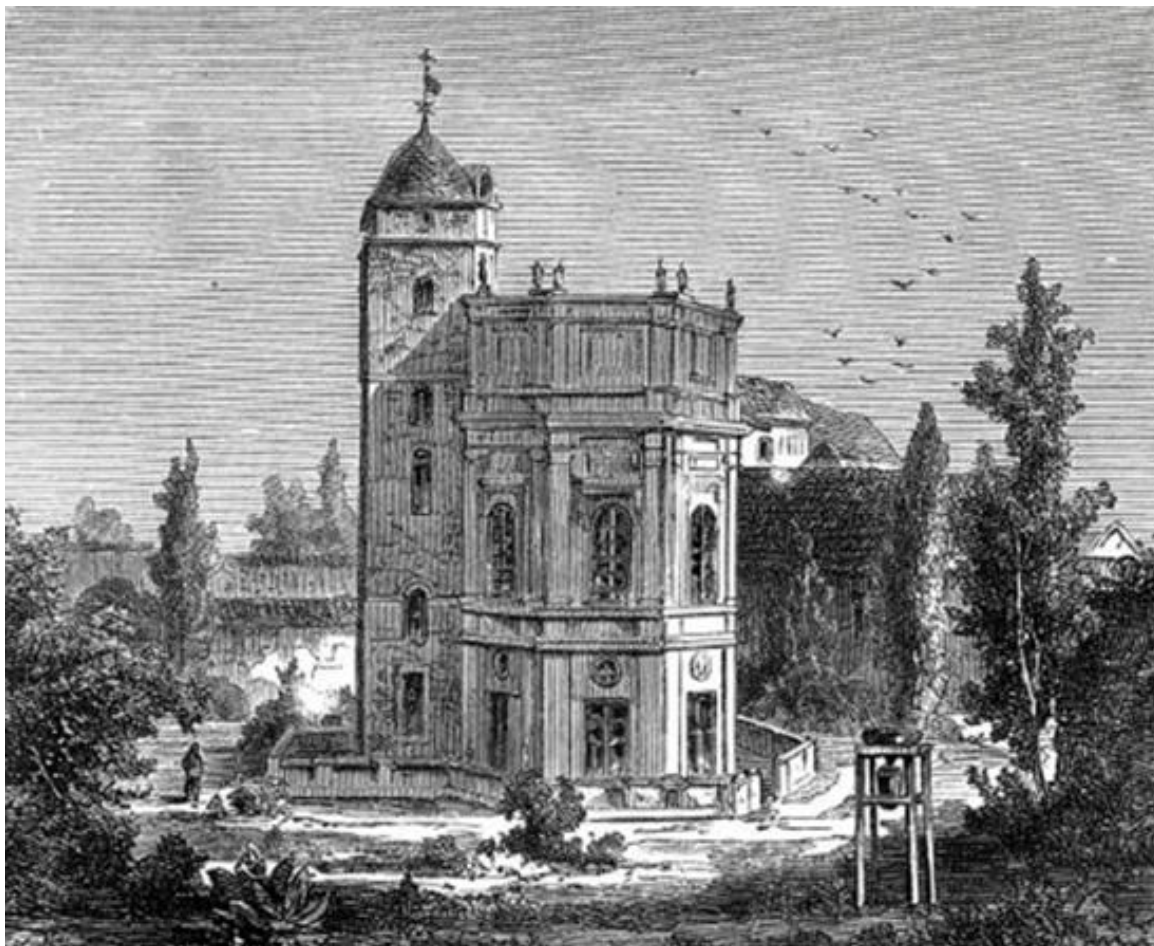
Como científico escrupuloso estudioso de la astronomía, la geografía y la topografía (entre otras disciplinas), Caldas estaba consciente de la necesidad de fijar con la mayor precisión posible la altura

⁴¹⁹ Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica. p.301.

⁴²⁰ *Ibidem*.

exacta sobre el nivel del mar del piso del salón desde donde se realizaban las observaciones astronómicas:

“La suma importancia del conocimiento de la altura de un observatorio astronómico sobre el nivel del Océano, ha hecho que llevemos toda nuestra atención hacia este objeto, desde que el célebre Mutis puso a nuestro cuidado este establecimiento.”⁴²¹



El Real Observatorio Astronómico de San Carlos de la ciudad de Santafé.⁴²²

Es notable el hecho de que el Real Observatorio Astronómico de San Carlos de la ciudad de Santafé fue el primer observatorio astronómico establecido en el continente americano⁴²³ y se realizó gracias a la iniciativa de Mutis quien vio la necesidad de construir un observatorio astronómico acorde con

⁴²¹ CALDAS, Francisco José. *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. En: *Obras completas*. pp.139-141.p.139.

⁴²² Imagen tomada de:

<https://www.gettyimages.es/ilustraciones/bogot%C3%A1?sort=mostpopular&mediatype=illustration&family=creative&phrase=bogot%C3%A1> [Consultado en Noviembre 18 de 2019]

⁴²³ En términos estrictos, es preciso aclarar que se trata del primer observatorio astronómico establecido en el continente americano después de la conquista europea pues, en tiempos prehispánicos, abundaron los observatorios erigidos por los pueblos ancestrales tales como mayas e incas que tuvieron una tradición astronómica importante. En relación a este legado, véase: AVENI, Anthony. *Ancient Astronomers*. ST. Remy Press and Smithsonian Institution. Canada. 1993.

los más modernos criterios de la época como complemento necesario de los trabajos desarrollados por la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (en especial en lo relativo a la creación de mapas confiables elaborados tras observaciones astronómicas meticulosas con datos precisos de longitud y latitud).

Como director del observatorio, Caldas recibió una excelente y moderna dotación de instrumentos científicos recién adquiridos que le permitieron realizar numerosas observaciones astronómicas y meteorológicas tales como cálculos de longitud y latitud, observaciones lunares, mediciones barométricas y termométricas, seguimiento de fenómenos celestes como tránsitos solares y lunares, observación detallada de solsticios y equinoccios e incluso observación de cometas:

“Los instrumentos donados por S. M. [Su Majestad] son: un cuarto de círculo de Sisson, dos teodolites de Adams, dos cronómetros de Emery, dos termómetros de Nairne, dos agujas portátiles, y seis docenas de tubos para barómetros. Pudiéramos ahora añadir a esta lista un péndulo, un instrumento de pasajes, dos acromáticos con retícula romboidal, y aparato astronómico de Herschel para las estrellas, que el Excmo. Sr. Marqués de Sonora destinaba para esta Expedición; pero por una desgracia funesta a los progresos de la astronomía entre nosotros, se perdieron en Cádiz los tres cajones que los contenían. Los que el celo del Sr. Director ha adquirido son: cuatro acromáticos de Dollond de diferentes longitudes, tres telescopios de reflexión del mismo artista, un grafómetro, octantes, horizonte artificial, muchas agujas, termómetros de Dollond, barómetros, globos, muchos anteojos menores, etc. , y sobre todo un péndulo astronómico de Graham, obra maestra de este artista célebre, que sirvió a los SS. académicos del viaje al ecuador para la determinación de la figura de la tierra.”⁴²⁴

A la par de las numerosas y cuidadosas observaciones astronómicas que adelantó con su excelente instrumental científico durante casi cinco años, para 1809 (un año después de la muerte de Mutis) Caldas escribió y publicó este corto pero muy importante artículo titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá* en el que trataba de fijar de la manera más precisa posible - y de acuerdo a las formulaciones físicas y matemáticas más modernas y exactas - la altitud del piso del salón del Observatorio sobre el nivel del mar.

Tras mencionar la importancia evidente de determinar con la mayor escurpulosidad la altitud exacta del piso del Observatorio, el texto comenzaba recapitulando algunos intentos pasados por determinar dicha medida que no fueron muy afortunados en razón de la precariedad de las fórmulas utilizadas para tal fin:

⁴²⁴ CALDAS, Francisco José. *Semanario de la Nueva Granada*. Librería castellana. París. 1849. p.45. Este libro es una recopilación de la mayoría de los diversos artículos aparecidos en el *Semanario del Nuevo Reino de Granada* entre 1808 y 1810 que luego fueron reunidos y publicados como un volumen independiente por el librero y editor A. Lasserre en París, en 1849.

“En los números 30 (1808) y 22 (1809) de este Semanario (página 44),⁴²⁵ hemos publicado la altura del Observatorio Astronómico de esta capital usando de la fórmula de Trembley,⁴²⁶ corregida por Tralles.⁴²⁷ Pero los sabios más acreditados de Europa acaban de hacer grandes indagaciones sobre este objeto interesante, y han llevado esta materia a un grado de perfección que no esperábamos. Hasta esta época se había caminado a ciegas y con tanteos. Todas las fórmulas de Bouguer, de Trembley, Tralles, Deluc⁴²⁸..., no eran sino resultados de algunas medidas geométricas comparadas con las columnas mercuriales, y no tenían sino una exactitud precaria y dependiente de las circunstancias.”⁴²⁹

Tras enunciar su inconformidad con la imprecisión de las fórmulas barométricas antes utilizadas, Caldas exaltaba la figura y obra del gran científico francés Pierre Simon-Laplace⁴³⁰ y su hallazgo de una nueva fórmula mucho más exacta, segura y confiable para determinar la altitud sobre el nivel del mar de un lugar determinado:

⁴²⁵ La totalidad de los números publicados del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* entre 1808 y 1810 se encuentran disponibles para su consulta virtual en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia en: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd [Consultado en Junio 16 de 2019]

⁴²⁶ Referencia a **Jean Trembley** (1749-1811), quien fue un destacado matemático suizo que contribuyó, entre otras materias, al estudio de las ecuaciones diferenciales y al cálculo de probabilidades. Incursionó también en los campos de la filosofía y la astronomía. Fue sobrino del naturalista suizo **Abraham Trembley** (1710-1784) y adelantó trabajos científicos en común con el también científico suizo **Horace-Bénédict de Saussure** (1740-1799) (a quien Caldas también menciona en otros apartes deformando extrañamente su apellido al escribirlo ‘Sucio’ y no Saussure).

⁴²⁷ **Johann Georg Tralles** (1763-1822) fue un matemático y físico alemán que también incursionó en el campo de la astronomía llegando a descubrir el Gran Cometa de 1819 que, en su honor, fue bautizado como Cometa Tralles. En el año de 1798 fue elegido como representante de Suiza para participar de las reuniones celebradas en París cuyo objetivo fue el establecimiento del Sistema Métrico Decimal actuando como miembro del Comité de pesos y medidas.

⁴²⁸ **Jean-André Deluc o de Luc** (1727-1817) fue un reconocido geólogo y meteorólogo suizo. Se desempeñó como profesor de filosofía y geología en la Universidad de Gotinga y llegó a ser miembro de la Royal Society en 1773. Fue un importante diseñador e inventor de instrumentos meteorológicos llegando a diseñar un barómetro portátil y un nuevo tipo de higrómetro similar a un termómetro que funcionaba con mercurio y luego otro modelo que utilizaba una barba de ballena y por el cual se generó una ardua disputa con el científico suizo Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) quien previamente había inventado un higrómetro que utilizaba un cabello humano. Estudió el uso del barómetro en relación al cálculo de altitudes topográficas llegando a establecer reglas correctas y formulaciones matemáticas para cuantificar alturas sobre el terreno a partir de lecturas barométricas. Entre sus trabajos más importantes se cuentan: *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme* (publicado en 6 volúmenes entre 1778 y 1780) y *Traité élémentaire de géologie* (1809). Sobre su vida y obra, véase: HEILBRON, John. SIGRIST, René [Editores]. *Historian of Earth and Man*. Slatkine. Geneva. 2011.

⁴²⁹ *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. p.139.

⁴³⁰ **Pierre-Simon Laplace** (1749-1827) fue un importante matemático, físico y astrónomo francés. Como decidido seguidor y continuador de la física newtoniana, su obra tuvo notable influencia en diversos campos de la matemática, la física y la astronomía; realizó notables aportes al desarrollo de la mecánica newtoniana, ideó y dio inicio a la teoría matemática de las probabilidades, planteó una teoría sobre el origen del Sistema Solar a partir de una nebulosa planetaria que aún se considera válida y fue un convencido de la doctrina filosófica del determinismo científico que postula, a *grosso modo*, que todo el universo funciona a partir de patrones físicos y matemáticos estables e inteligibles susceptibles de ser planteados como fórmulas matemáticas. Entre sus obras principales se encuentran: *Exposition du système du monde* (1796), *Théorie analytique des probabilités* (1812) y el monumental *Traité de mécanique céleste* (publicado en 5 volúmenes entre 1799 y 1825). Sobre su vida y obra véase: MADRID, Carlos. *Laplace*. RBA. Barcelona. 2012. COULSTON, Charles. *Pierre-Simon Laplace, 1749-1827: A Life in Exact Science*. Princenton University Press. 1997.

“El célebre y profundo Laplace acaba de trazar un plan en que la teoría más sólida hace todo el papel en la solución de este problema. La relación entre un volumen de mercurio determinado y otro de aire a la temperatura del hielo que se funde y a la presión de 76,0 centímetros; las leyes a que está sujeto el aire atmosférico y el calórico diseminado en él; un coeficiente general establecido por las más exactas y decisivas experiencias, y confirmado o reproducido por la física del modo más satisfactorio, contando con la latitud y con la disminución de la gravedad hacia el Ecuador, ha producido, entre las manos de Ramond,⁴³¹ Biot,⁴³² Arango⁴³³ y Laplace, una fórmula que no deja duda de cuatro pulgadas sobre la elevación de las montañas que se han sujetado a las medidas más escrupulosas.”⁴³⁴

A continuación, Caldas menciona la manera como le fue posible acceder a las fórmulas de Laplace y aplicarlas al caso concreto que le ocupaba:

“Nosotros suspirábamos por una fórmula tan preciosa, y la solicitamos infructuosamente hasta el arribo de don José María Cabal⁴³⁵ a esta capital. Este joven estudioso me la presentó en los Elementos de Física de Mr. Haüy,⁴³⁶ París, 1806. Este sabio y virtuoso canónigo recogió todos los conocimientos y todos los hechos más recientes sobre el barómetro, y los presenta en su obra con aquella claridad y precisión que caracterizan sus escritos. Nosotros hemos estudiado detenidamente este libro, y hemos aplicado la fórmula de que hablamos, a nuestro Observatorio.”⁴³⁷

⁴³¹ **Louis François Ramond de Carbonnière** (1755-1827), fue un geólogo y botánico francés; realizó extensas excursiones e investigaciones sobre los montes Pirineos y por ello es considerado uno de los primeros exploradores y expertos en el estudio de la alta montaña pirenaica.

⁴³² **Jean-Baptiste Biot** (1774-1862) fue un matemático, físico y astrónomo francés. Adelantó investigaciones en diversos campos estudiando fenómenos tales como el electromagnetismo, las propiedades físicas de la luz y el origen y las características de los meteoritos. Interesado en investigar la atmósfera terrestre, en 1804 realizó la primera ascensión científica en un globo aerostático en compañía del químico y físico francés **Joseph-Louis Gay-Lussac** (1778-1850) alcanzando una altitud de 7016 metros.

⁴³³ Referencia dudosa pues no es claro a qué científico o personaje puede referirse Caldas con esta mención.

⁴³⁴ *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá.* p.139.

⁴³⁵ **José María Cabal Barona** (1770-1816) fue un intelectual y militar neogranadino nacido en la ciudad de Popayán dentro de una familia aristocrática de ascendencia española. Fue condiscípulo de Camilo Torres y de Francisco José de Caldas en el Real Colegio Seminario de Popayán y posteriormente en el Colegio Mayor del Rosario en Santafé. Colaboró con Antonio Nariño en la publicación de los *Derechos del hombre y del ciudadano*. Participó en la lucha por la independencia y, al igual que Caldas, murió fusilado en 1816. Véase: ANDRADE, Alberto. *José María Cabal*. Imprenta y litografía de las fuerzas militares. Bogotá. 1973.

⁴³⁶ Caldas hace referencia al científico y sacerdote francés **René Just Haüy** (1743-1822) quien fue un reconocido mineralogista y es considerado como el fundador de la rama de la geología llamada cristalografía. Entre otros cargos académicos importantes, se desempeñó como miembro del Comité Internacional de Pesos y Medidas, miembro del Instituto de Francia y profesor de mineralogía en el Museo Nacional de Historia Natural. Entre sus obras, destacan un voluminoso *Traité de minéralogie* (publicado en 5 volúmenes en 1801), un *Traité de cristallographie* (1822) y un *Traité élémentaire de physique*, en dos volúmenes publicados en 1803 y 1806 (que es el texto mencionado por Caldas).

⁴³⁷ *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá.* p.140.

La ‘preciosa fórmula’ mencionada por Caldas es la fórmula de nivelación barométrica de Laplace que utiliza tanto lecturas barométricas como mediciones termométricas para hallar la diferencia de altura entre dos puntos (siendo conocida la altitud de uno de estos puntos sobre el nivel del mar), a saber:

$$h = 18405 (1 + 0.0026 \cos 2\varphi) \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right] \log \frac{A}{a}$$

En donde: h = Diferencia de alturas (medida en metros) a calcular entre los dos puntos de referencia; φ = latitud; A y a = lectura barométrica del punto de menor altura y del punto de mayor altura, respectivamente; T y t = temperatura ambiental del punto de menor altura y del punto de mayor altura, respectivamente; log = logaritmo decimal (nótese, para evitar confusiones, que las letras mayúsculas simbolizan las mediciones en el punto de menor altitud y las letras minúsculas representan las mediciones en el punto de mayor altitud).⁴³⁸

Tras conocer la fórmula, Caldas entendió que necesitaba contrastar una altura y temperatura conocidas con las mediciones barométricas y termométricas realizadas en Santafé, a la altitud del Observatorio, para poder deducir con exactitud la altura sobre el nivel del mar del edificio.

Así, procedió a realizar la comparación y las conversiones requeridas:

“Como el elemento principal - elemento en que han encallado todas las fórmulas precedentes - era el coeficiente general corregido por la temperatura, nos fue necesario hacer observaciones del termómetro en los mismos días y a las mismas horas, en Santafé y en Cartagena. [...] Con estos datos nos hemos puesto en estado de poder aplicar la nueva fórmula a la determinación de la altura de este Observatorio.

Sabemos que la altura media del barómetro al nivel del mar, reducida a la temperatura del hielo, es de 76,0 centímetros; la temperatura del aire el día 6 de septiembre, en Cartagena, a las doce, era de 29 grados 3 centígrados. En Santafé, el mismo día, a la misma hora, el barómetro indicaba 248,5 líneas; el termómetro anejo al barómetro, 12°,6; el termómetro libre, 17°,1. Se trata de deducir la altura del Observatorio.

Comenzamos por reducir la altura del barómetro a la temperatura del hielo, y después esta altura a centímetros. Hecho el cálculo, hallamos que 248,5 hacen 55,9165 centímetros reducidos a cero del termómetro.

Termómetro libre en Cartagena 29,3

Termómetro libre en Santafé 17,1

Suma 46,4

46,4 × 36,672 = 1701, 581.

Coficiente general 18336

⁴³⁸ Como libro de consulta técnico pertinente para el tema de la altimetría y su aplicación práctica, véase: GARCÍA, Fernando. *Curso básico de Topografía*. Árbol Editorial. México. 1994. En especial el *Capítulo IV: Altimetría o Nivelación*. pp.245-306.

Coficiente corregido 20037,581

76,0 log 1,8808136.

55,9165 log 1,7475400.

Diferencia 0,1332736.

$20037,581 \times 0,1332736 = 2670,4$.

Esta será la altura vertical de las dos estaciones en metros."⁴³⁹

Ahora, es necesario tener en cuenta la latitud a la que se encuentra la ciudad de Santafé (y por ende el Observatorio) y realizar el ajuste correspondiente siguiendo la fórmula de Laplace de corrección de latitud:

$$Z = X (0,002845 \cos 2L)$$

En donde:

X = Altura del lugar cuya altitud se intenta determinar (previamente hallada - de manera provisional - a partir de la fórmula simplificada de Laplace).

Z = Altura suplementaria sobre X correspondiente a la corrección de latitud.

L = Latitud del lugar cuya altitud se intenta determinar (expresada en grados, minutos, segundos).

He aquí el cálculo de Caldas a partir de la fórmula precedente:

*"La latitud doble de Santafé es 9° 12', y su coseno será 0,9871362, que, multiplicado por la constante 0,002845, dará 0,002808. Este resultado se multiplicará por la altura vertical 2670,4, y se tendrá 7,498 metros, que es necesario añadir a la altura vertical para tenerla corregida de la latitud, y será 2677,898."*⁴⁴⁰

Finalmente, realiza un último cálculo con valores logarítmicos de las magnitudes previamente halladas y, teniendo en cuenta el radio terrestre, obtiene un ajuste final de algunos metros más que debe adicionar a la última altura hallada (2677,898 metros):

"La diferencia de los logaritmos, aumentada de 0,868589, multiplicada por 20037,581 y partida por el radio (6375605,6 metros), da una cantidad que debe multiplicarse por 2677,898, y se hallará 8,4319

⁴³⁹ Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá. pp.140-141.

⁴⁴⁰ *Ibíd.* p.141.

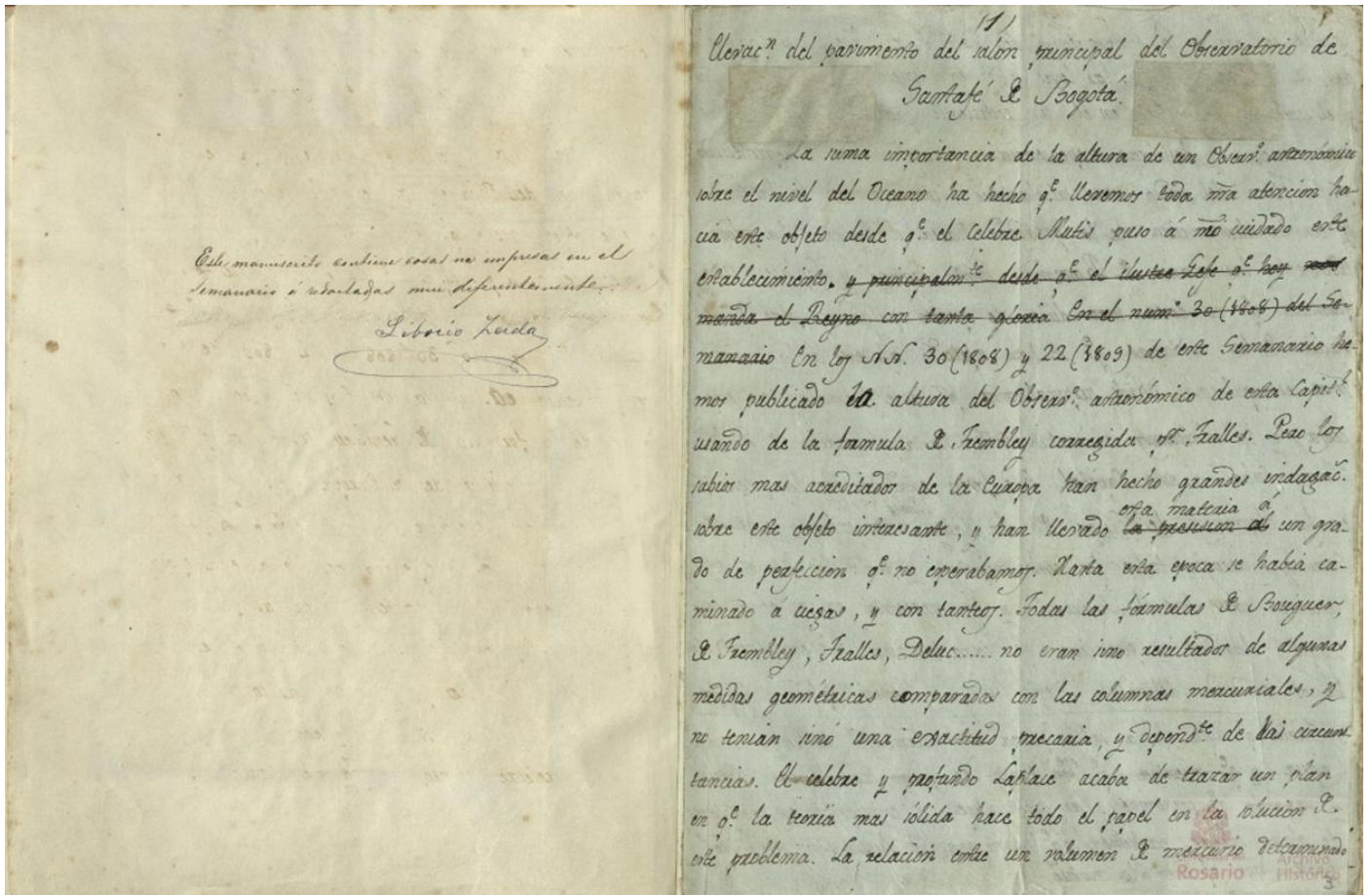
metros, que deben añadirse, y 2677,898 para obtener 2686,3299 metros por altura verdadera de Santafé sobre Cartagena.

Altura del Observatorio:

En metros 2686,33⁴⁴¹

En toesas 1378,54

En varas castellanas 3216,60.⁴⁴²



Manuscrito de Francisco José de Caldas del artículo *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá* publicado en los números 46 y 47 del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* en noviembre de 1809.⁴⁴³

⁴⁴¹ La altura establecida actualmente para el Observatorio Astronómico Nacional es de 2605 metros sobre el nivel del mar en la base del edificio y de 2615 metros en la terraza del mismo.

⁴⁴² *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. p.141.

⁴⁴³ Este manuscrito se conserva en la Biblioteca de la Universidad del Rosario de Bogotá (antiguo Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en donde Caldas cursó sus estudios de jurisprudencia entre 1788 y 1792). El documento se encuentra disponible para su consulta en el repositorio institucional.

Imagen tomada de:

https://repository.urosario.edu.co/flexpaper/handle/10336/19075/Libro%2017_%20E04N090%20Caldas%20manuscrito.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Consultado en Mayo 30 de 2020]

Y concluye diciendo:

“Hemos puesto el pormenor del cálculo para que los observadores puedan aplicar esta fórmula a sus operaciones. Sentimos que la imprenta carezca de caracteres algebraicos para poder dar la expresión del célebre Laplace, y reducir todas las ideas de este género de medidas a una sola línea. Nos proponemos calcular la altura de los principales pueblos del Reino por este método, e insertarla en el Semanario, si no expira en el próximo diciembre, como fundadamente lo tememos.”⁴⁴⁴

Termina así este escrito de Caldas dedicado a calcular la altura sobre el nivel del mar del piso del Observatorio astronómico en el que, no obstante su brevedad y la concisión del asunto tratado, hay varios puntos importantes a resaltar:

En primer término, y siguiendo el orden del texto, es muy importante observar la trascendencia que da Caldas a la fórmula para la nivelación barométrica enunciada por Laplace y la manera como la exalta sobre todas las fórmulas anteriores que había estudiado y aplicado en sus cálculos hipsométricos.

En segundo lugar, resulta fundamental que, entre líneas, por primera vez Caldas haga mención explícita y utilice el sistema métrico decimal integrando a sus cálculos las nuevas medidas de grados centígrados, centímetros y metros. Este tránsito hacia un nuevo modelo de medición constituye una verdadera revolución epistemológica y técnica y marca un hito importante dentro de la obra de Caldas y también implicó un punto de inflexión determinante en la historia de la ciencia republicana con trascendentales implicaciones sociales y políticas.

En tercer término, son muy interesantes las dos anotaciones finales que hace Caldas sobre cuestiones logísticas que ilustran sobre las enormes dificultades materiales y culturales que era necesario afrontar para desarrollar cualquier tipo de actividad técnica o científica dentro del virreinato del Nuevo Reino de Granada a comienzos del siglo XIX: por una parte, la imprenta utilizada para imprimir el *Semanario del Nuevo Reino de Granada* (que era, por ser la única, la publicación científica más moderna y sofisticada del reino) no contaba con caracteres de molde algebraicos y, por tal motivo, le fue imposible a Caldas escribir las fórmulas matemáticas empleadas viéndose forzado a describirlas retóricamente de una manera confusa una vez que el lector no tiene a su alcance las fórmulas explícitas para seguir el hilo del discurso. Mientras en Europa se editaban y publicaban libros científicos impresos desde hacía por lo menos tres siglos, en el Nuevo Reino de Granada Caldas tenía que ‘contarle’ a sus lectores las fórmulas matemáticas que había utilizado pues ni siquiera podía escribirlas en letra de molde. Y, al final, el artículo termina con la esperanza de, en un futuro cercano, poder emprender mediciones de altitud en los principales pueblos del reino siempre y cuando el *Semanario* no salga de circulación por falta de suscriptores (como finalmente ocurrió) y ante la imposibilidad económica de sostener los gastos de impresión.

⁴⁴⁴ *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá.* p.141.

7.4 - “Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.” (Texto escrito en 1802 y publicado póstumamente en 1819).

El texto más extenso e importante que Caldas dedicó al tema de la hipsometría fue el *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* que fue escrito en 1802 durante su permanencia en Quito y que nunca llegó a publicar.⁴⁴⁵

Es importante subrayar el hecho de que este texto fue escrito por Caldas, según aparece fechado por su puño y letra en la dedicatoria a José Celestino Mutis en el primer folio de los dos manuscritos que se conservan, en Quito en abril de 1802.⁴⁴⁶

Así, cronológicamente este escrito habría sido redactado aproximadamente un año después del artículo titulado *Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe* que apareció publicado entre julio y agosto de 1801 en el *Correo Curioso* de Santafé y sería contemporáneo, en su preparación, al texto de *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica* que también fue elaborado en Quito en los primeros meses de 1802 y en el que el mismo Caldas anunciaba una próxima *Memoria* detallada sobre el tema del principio termométrico de la hipsometría: “Yo hallo mil ventajas en este método, que expondré en mi *Memoria sobre él*”,⁴⁴⁷ “¡Qué *Memoria tan interesante se podría formar y publicar antes que el Barón llegase a Europa!*”.⁴⁴⁸

De esta manera, este *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* es el escrito anunciado por Caldas en el que presentaría los pormenores del descubrimiento y haría una exposición detallada de las fórmulas y del andamiaje matemático que sustentaban el hallazgo del principio termométrico de la hipsometría.

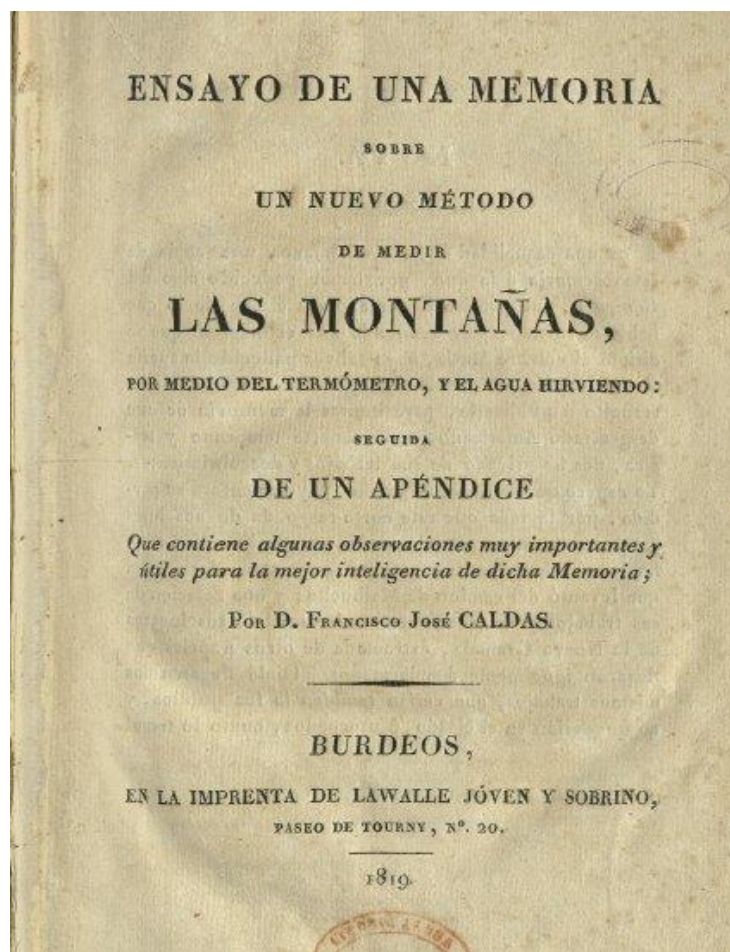
No obstante la importancia de este texto dentro de la totalidad de la obra de Caldas, el documento nunca llegó a ser publicado en vida de su autor y sólo fue impreso, en Burdeos, tres años después de la muerte del científico neogranadino gracias a un tercer manuscrito perdido que, para 1819, estaba en manos de algún amigo cercano del ya fallecido Caldas: pudo tratarse del patriota cartagenero J.M. del Real o, más probablemente, fue Antonio Arboleda, que para el año en cuestión estaba residiendo en Europa, el que poseía otra copia de este escrito y decidió darlo a la imprenta quizá como un homenaje póstumo y con el anhelo de dar a conocer la figura y obra de Caldas en el ámbito europeo.

⁴⁴⁵ De este escrito, se conservan dos manuscritos de Caldas: uno se conserva en la Biblioteca de la Universidad de Antioquia y otro se encuentra en el Fondo Mutis del Real Jardín Botánico de Madrid (este segundo manuscrito, dedicado a Mutis, fue llevado a España en 1816 junto con los demás materiales de la Expedición Botánica). Una edición facsimilar del primer manuscrito, acompañado por varios artículos especializados, ha sido publicada en: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016.

⁴⁴⁶ Como fuente primaria, véase: CALDAS, Francisco. *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice, por Don Francisco José de Caldas*. En: *Obras completas*. pp.153-173.

⁴⁴⁷ *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*. p.297.

⁴⁴⁸ *Ibidem*.



Portada del *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* en la edición póstuma de 1819 impresa en Burdeos.⁴⁴⁹

El texto de Caldas vino a ser publicado bajo el título de “*Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice que contiene algunas observaciones muy importantes y útiles para la mejor inteligencia de dicha Memoria, por don Francisco José de Caldas, Burdeos, en la Imprenta de Lavalle Joven y Sobrino, Paseo de Tourny, número 20, 1819*” sin que su aparición suscitase ningún tipo de reacción ni recepción por parte del público en general ni de los círculos académicos franceses (que, a lo más, verían el breve texto como una curiosidad escrita por un personaje totalmente desconocido). Lino de Pombo, discípulo y primer biógrafo de Caldas, reseñó de esta manera la aparición del *Ensayo de una memoria*:

“*Su Memoria circunstanciada, impresa en Burdeos en 1819, en castellano, y por un original que había mutilado el voraz comején de nuestras costas, salió como ya se dijo, plagada de errores, y además no ha tenido circulación; será conveniente reimprimirla, expurgada de sus graves defectos, con amor e inteligencia; no menos en honra del grato nombre de su autor que para utilidad común.*”⁴⁵⁰

⁴⁴⁹ Imagen tomada de:

<https://www.urosario.edu.co/Archivo-historico/Archivo-Digital/archivohur/status/791288257963237376>

⁴⁵⁰ POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. II. p.19. [Consultado en Enero 14 de 2020]

En cuanto al contenido, el escrito de Caldas hace una presentación detallada de los diferentes sucesos que tuvieron lugar a comienzos de 1801 y que lo llevaron a cuestionarse sobre una posible relación entre la temperatura del punto de ebullición del agua y la presión atmosférica (y, por ende, la altura sobre el nivel del mar) de un punto geográfico determinado. Una vez establecida y comprobada esa relación entre magnitudes físicas cuantificables (el grado de temperatura del agua hirviendo, la presión atmosférica y la altitud de un lugar), Caldas expone el razonamiento matemático a través del cual trató de encontrar una fórmula algebraica que describiera a cabalidad el fenómeno físico observado recurriendo tanto a sus muchas y meticulosas observaciones termométricas y barométricas como a sus propios (aunque limitados) conocimientos matemáticos.

Buscando la mayor claridad posible - y puesto que la parte descriptiva de la experiencia de Caldas que le condujo al descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría ya ha sido desarrollada ampliamente en el apartado 5.1 acudiendo a la citación directa de los apartes relevantes de este *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* - nos limitaremos a sintetizar a continuación el proceso inductivo que llevó a Caldas a descubrir - a partir del arreglo de un termómetro roto - que el grado de temperatura del punto de ebullición del agua está directamente relacionado con la presión atmosférica y, por ende, con la altitud sobre el nivel del mar:

1 - Dado que el único termómetro de Caldas se había roto accidentalmente durante la expedición al volcán Puracé, la única solución posible para recuperar el instrumento era soldar los trozos de vidrio del aparato y reconstruir artesanalmente la escala termométrica.

2 - Caldas asumió que bastaría llenar el aparato reconstruido con el mercurio, sellarlo, y luego reconstruir la escala termométrica artesanalmente a partir de los dos puntos de referencia evidentes: el punto de congelación del agua y el punto de ebullición del agua.

3 - Una vez sellado el termómetro bastaría elegir la escala termométrica de referencia y el tipo de grados a usar: si se elegía la escala Réaumur, la distancia entre el punto de congelación y el punto de ebullición se subdividiría en 80 líneas equivalentes a 80 grados Réaumur; si se elegía la escala Fahrenheit, la distancia entre el punto de congelación y el punto de ebullición se subdividiría en 180 líneas equivalentes a 180 grados Fahrenheit: “[...] y pienso que no faltaba ya otra cosa que dividir el espacio contenido entre estos dos puntos en 80 partes, si quería la escala de Réaumur, y en 180 si la de Fahrenheit.”⁴⁵¹

3 - Para fijar el punto inferior de la escala, Caldas pensó - acertadamente - que bastaría con sumergir el extremo del termómetro reparado en hielo y así obtuvo la marca inferior indicadora del punto de congelación del agua: “Hago venir nieve, la machaco y envuelvo en ella la bola del termómetro; señalo el punto en que se detiene [...]”⁴⁵²

⁴⁵¹ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*, p.154.

⁴⁵² *Ibidem*

4 - Para fijar el punto superior de la escala, Caldas pensó que bastaría con sumergir el extremo del termómetro reparado en agua hirviendo y así obtuvo la marca superior indicadora del punto de ebullición del agua.

5 - Una vez sellado el instrumento con el mercurio en su interior, Caldas notó que la escala termométrica que había elaborado era más corta que la escala termométrica original.

6 - ¿Cuál era la razón física por la cual se daba esa desconocida y extraña discrepancia entre ambas escalas?

7 - Caldas pensó - acertadamente - que la causa de la diferencia entre ambas escalas se debía a alguna condición física que era diferente en Popayán y en Londres (el lugar donde había sido fabricado y sellado el termómetro) y planteó una hipótesis:

8 - La hipótesis fue suponer que la temperatura del hielo dependía de la latitud y, puesto que las latitudes de Londres y de Popayán son diferentes, entonces el punto de congelación del agua sería diferente en ambas ciudades: *“¿Tendrá la nieve más frío en la vecindad de la línea [del Ecuador]? ¿Resucitará la opinión de que el hielo es más frío en razón de la latitud?”*.⁴⁵³ Sin embargo, Caldas desechó esta posibilidad porque *“Yo había tenido cuidado de sumergir mi termómetro muchas veces en la nieve antes de que se rompiese, y siempre había bajado exactamente al término de la congelación.”*⁴⁵⁴ Así, era claro que la temperatura del hielo era la misma en Popayán y en Londres o, lo que es lo mismo, el punto de congelación era igual en ambos lugares.

9 - Por lo tanto, Caldas indujo - acertadamente - que si el punto inferior de la escala termométrica original del instrumento y el punto inferior de la escala restaurada coincidían, entonces la discrepancia entre ambas escalas se daba en el punto superior: *“Si tenía ideas claras y hechos que demuestran el término del hielo, había pensado muy poco en el del agua hirviendo. Desde entonces conocí que el error de la escala se acumulaba sobre el término superior, y traté de adquirir nociones exactas sobre él, como las tenía del inferior.”*⁴⁵⁵

10 - Puesto que el punto superior de la escala original indicaba el punto de ebullición del agua en Londres (donde había sido sellado el termómetro originalmente) y el punto superior de la escala restaurada indicaba el punto de ebullición del agua en Popayán (en donde Caldas había sellado el termómetro reparado), entonces Caldas indujo - lógica y acertadamente - que el agua hierve a temperaturas diferentes en Londres y en Popayán.

11 - Y, ¿qué situación física claramente divergente entre Londres y Popayán podría explicar esa variación en el punto de ebullición del agua? Caldas observó que una magnitud física claramente

⁴⁵³ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice, por Don Francisco José de Caldas.* p.154.

⁴⁵⁴ *Ibidem.*

⁴⁵⁵ *Ibid.* p.154.

divergente entre ambas ciudades es la presión atmosférica y que ésta varía en función de la altitud sobre el nivel del mar.⁴⁵⁶

11 – Finalmente, Caldas llegó a la conclusión de que el punto de ebullición del agua debía estar directamente relacionado con la presión atmosférica que, a su vez, varía en función de la altitud sobre el nivel del mar: *“Bien presto vi que aunque el calor del agua hirviendo es constante, supone igual presión atmosférica; que aumentándose o disminuyéndose ésta, se aumenta o disminuye el calor del agua.”*⁴⁵⁷

12 – Y esa era la respuesta científica y racional al fenómeno observado: a presiones atmosféricas diferentes, puntos de ebullición divergentes. He ahí el principio termométrico de la hipsometría descubierto por Caldas: *el punto de ebullición del agua varía en función de la presión atmosférica que, a su vez, depende de la altitud sobre el nivel del mar; por lo tanto, el punto de ebullición del agua varía en función de la altitud sobre el nivel del mar.*

Y el razonamiento final deslumbra por su simplicidad y belleza: puesto que el punto de ebullición del agua varía en función de la altitud sobre el nivel del mar, entonces midiendo la temperatura a la que hierve el agua se puede conocer la altura del lugar en el que se realiza la observación.

Y entonces ya no sería necesario tener un barómetro que mida la presión atmosférica – y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar – porque es suficiente con tener un termómetro y medir la temperatura del agua hirviendo: *“He hallado, amigo querido, el medio de hallar la altura de todos los lugares con sólo el termómetro y con tal grado de precisión, que no difiere de las indicaciones del barómetro ni en media línea, precisión que no me habría osado esperar si el suceso no hubiera confirmado mis ideas. Si las experiencias ulteriores que voy a emprender en varias elevaciones de la cordillera vecina a esta ciudad, me salen tan felices como las hechas hasta aquí, si salen lo mismo las que usted tiene que practicar en ésa, puedo asegurar a usted que aun cuando no se inutilice el barómetro, perderá seguramente la mitad de su mérito para los viajeros.”*⁴⁵⁸

Así, la conclusión de Caldas es que, a partir de su descubrimiento, el termómetro podría reemplazar al barómetro: *“Todos los que tienen alguna práctica en el uso del barómetro convienen en que es un instrumento de difícil transporte, voluminoso, mucho más expuesto que el termómetro, y que el montarlo bien exige mil cuidados y atenciones de que no es capaz el común. [...] El termómetro es de poco valor, su transporte cómodo, no hay que purificar, no hay que llenar, no hay que purgar de aire, no exige cálculo de rectificación, en fin, no necesita, como el barómetro, otro instrumento auxiliar para obtener resultados precisos.*

⁴⁵⁶ La presión atmosférica es equivalente a la presión barométrica pues la primera es medida y cuantificada por el barómetro; en los siglos XVIII y XIX, la presión barométrica se expresaba en pulgadas y líneas dependiendo de la altura del mercurio del tubo de vidrio del barómetro. La diferencia entre la presión atmosférica de Londres y la de Popayán es muy grande porque Londres está a menos de 50 metros sobre el nivel del mar y, en contraste, Popayán se encuentra a 1760 metros sobre el nivel del mar (35 veces más alto).

⁴⁵⁷ *Ibíd.* p.155.

⁴⁵⁸ *Carta 36 de Mayo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo.* pp.86-87.

Se pueden simplificar de tal modo las observaciones del calor del agua, que el más ignorante, el menos versado en materia de física pueda por sí solo hacerlas y calcular las elevaciones. Añadiendo al termómetro una escala que indique las pulgadas del barómetro, es inútil el cálculo de reducción expuesto arriba, y se puede suprimir.”⁴⁵⁹

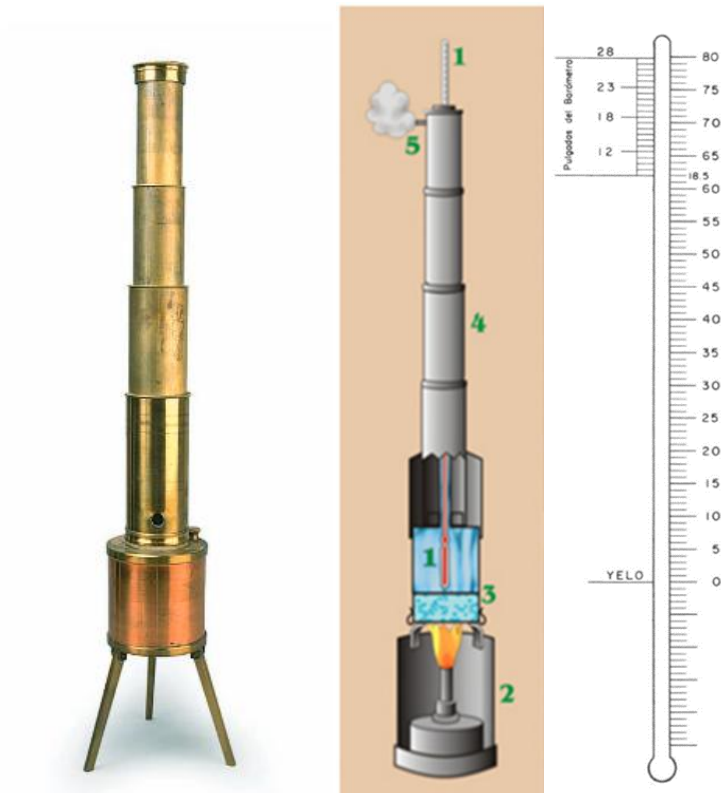


Observaciones barométricas en las montañas. Medición de alturas.⁴⁶⁰

Y así, dentro de la parte expositiva de su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*, paralela al desarrollo de los planteamientos matemáticos que se analizarán a continuación, Caldas terminaba por enunciar la que se podría considerar como la invención del hipsómetro: un termómetro al que se añadiría “[...] una escala que indique las pulgadas del barómetro [...]”.

⁴⁵⁹ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*. pp.168-169.

⁴⁶⁰ Ilustración del siglo XIX que muestra la instalación y uso del barómetro. Imagen tomada de: GUILLEMIN, Amadeo. *El mundo físico*. 5 volúmenes. Montaner y Simon Editores. Barcelona. 1882. Tomo V. Capítulo II. I. p.57. Disponible en: <https://archive.org/details/A301204/page/n55/mode/2up> [Consultado en Mayo 30 de 2020]



Izquierda: Hipsómetro fabricado por la firma *L. Casella and Company*, en Londres, hacia 1880 para uso del Almirantazgo británico.⁴⁶¹ **Centro:** Vista esquemática de un hipsómetro en la que se observan sus partes constitutivas: 1 – Parte inferior del termómetro en la que se encuentra el bulbo de vidrio que contiene el mercurio y parte superior del termómetro en la que se visualiza la escala termométrica y su equivalente en pulgadas de mercurio en el barómetro para deducir la altitud sobre el nivel del mar, (2) mechero, (3) recipiente metálico que contiene el agua hirviendo, (4) tubo metálico que protege al termómetro de vidrio en su interior, (5) tubo de escape por el que sale el vapor del agua hirviendo.⁴⁶² **Derecha:** Escala de medición propuesta por Caldas en la cual se señala, en la parte inferior, el punto de congelación del agua con el término ‘Yelo’; a la escala termométrica se ha anexado (en la parte superior izquierda) el equivalente en ‘Pulgadas del Barómetro’ indicadoras de la presión atmosférica y sobre las cuales se puede deducir la altitud sobre el nivel del mar: “*La figura adjunta representa mi termómetro con la misma extensión que tiene: en ella se ve con la mayor claridad la escala común para el calor y la que indica la altura del barómetro.*”⁴⁶³

Le bastaría entonces al científico interesado en calcular altitudes sobre el nivel del mar sin hacer uso del – según Caldas – engorroso y falible barómetro, con poseer un termómetro común a cuya escala termométrica previamente se habría anexado una escala de correspondencias barométricas: sería suficiente con sumergir el termómetro en un recipiente de agua hirviendo y la medición resultante

⁴⁶¹ Este hipsómetro, perteneciente a la colección de instrumentos del Observatorio Astronómico Nacional de España está fabricado en latón y tiene unas dimensiones 41 cm de altura por 11 cm de diámetro en la base.

Imagen e información tomadas de: <https://docplayer.es/75771944-Catalogo-de-aparatos.html>. p.76 [Consultado en Febrero 5 de 2019]

⁴⁶² Imagen tomada de: <https://naukas.com/2010/08/23/espana-no-necesita-de-sabios-una-frase-con-contenido-de-altura/> [Consultado en Febrero 5 de 2019]

⁴⁶³ Referencia textual e imagen tomadas de: CALDAS, Francisco. *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*. En: *Obras completas*. Páginas 169 y 173, respectivamente.

indicaría, leyendo la escala termométrica, la temperatura de ebullición del agua en el lugar de la prueba y, leyendo la escala anexa, se sabría la altitud sobre el nivel del mar correspondiente a la temperatura obtenida para el punto de ebullición del agua.

Como reflexión final, Caldas señalaba que aún necesitaba realizar muchas observaciones sobre el terreno para terminar de pulir el andamiaje matemático de su descubrimiento y que todo el texto no era más que, como su título indica, un *ensayo* previo a la redacción de una verdadera *memoria* científica:⁴⁶⁴

“Esta no es una Memoria, es un ensayo para formarla. ¡Cuántos trabajos, cuántas observaciones faltan por hacer para darle la última mano! ¡Cuántas atenciones que yo he omitido por la escasez de mis instrumentos, es preciso observar y practicar!”⁴⁶⁵

A continuación, el siguiente capítulo se dedicará a realizar un análisis detallado del planteamiento matemático sobre el cual Caldas estructuró su descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría.

⁴⁶⁴ Para consolidar su teoría hipsométrica, Caldas - como lo había mencionado en la *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica* - deseaba emprender una expedición que comenzaría en puntos muy altos de la cordillera (fácilmente por encima de los 5000 m.s.n.m.) y terminaría en la costa pacífica de Guayaquil; durante el trayecto, planeaba realizar muchas observaciones barométricas y termométricas para obtener una gran base de datos que le permitiera consolidar el andamiaje matemático del principio termométrico de la hipsometría.

⁴⁶⁵ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* p.170.

Capítulo 8.

El planteamiento matemático del principio termométrico de la hipsometría.

“Toda la ciencia se basa en la suposición de que el mundo natural se comporta de una manera constante y predecible que puede comprenderse mediante el estudio atento y sistemático. El objetivo general de la ciencia es descubrir los modelos subyacentes en la naturaleza y luego utilizar ese conocimiento para hacer predicciones sobre lo que cabría o no cabría esperar que ocurriera dados ciertos hechos y circunstancias.”

Ciencias de la Tierra. Edward Tarbuck. Frederick Lutgens.⁴⁶⁶

Desde el momento en que Caldas, a comienzos de 1801, empezó a sospechar que podía existir una relación directa entre el punto de ebullición del agua en un lugar determinado y la presión atmosférica y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar de ese mismo lugar, fue muy consciente de que, de existir esa relación intrínseca entre temperatura del agua hirviendo, presión atmosférica (medida por el barómetro) y altitud, no bastaba con enunciar retóricamente el descubrimiento sino que era necesario matematizar el fenómeno y transformar las múltiples observaciones en una ecuación que pudiese describir matemáticamente el fenómeno físico observado y sirviese para hacer predicciones acertadas. En resumidas cuentas: Caldas sabía que no era suficiente con enunciar una nueva ley física usando solo palabras sino que era necesario usar números y ecuaciones.

Así, desde el primer momento en que Caldas intuyó la relación existente entre temperatura, presión y altitud en 1801 se consagró a la tarea de realizar múltiples mediciones barométricas y termométricas en diferentes entornos, momentos y condiciones llevando registro minucioso de los datos obtenidos para tratar de encontrar en ellos algún patrón o estructura que pudiese matematizarse hasta obtener una ecuación definitiva que describiese a cabalidad el fenómeno observado:

“En el correo pasado anuncié a usted un pequeño viaje que iba a hacer a mi hacienda de Paispamba, y ahora le digo que se verificó con el más feliz suceso. Usted es el depositario de mis ideas y de mis trabajos científicos, y es necesario participarle sin reserva todas mis operaciones. El 22 de julio por la mañana partí; pero el 21 me había ocupado en una observación decisiva sobre el calor del agua en el nivel de Popayán para que me sirviese de término de comparación con las que proyectaba hacer en las montañas vecinas a Paispamba. En efecto, cuando el barómetro señalaba 22p 11,12, el termómetro sumergido en el agua destilada hirviendo a borbotón, el mayor que se puede conseguir avivando el fuego cuanto es posible, me señaló 75°,65; se repitió la operación, y siempre se fijó en los mismos 75°,65. Con esta observación preliminar partí con mi barómetro, termómetro y agua destilada, de tal pureza, que resistió la prueba de la solución de plata en ácido nítrico: el viaje duró desde el 22 hasta el 30; no hubo en estos días un momento de ociosidad, se consagraron todos a las ciencias, y he aquí los ramos sobre que he trabajado: [...]

⁴⁶⁶ TARBUCK, Edward. LUTGENS, Frederick. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Pearson. Prentice Hall. Madrid. 2005. Capítulo 1. p.7.

Física. –Pero el fruto más importante que he traído de mi viaje, fruto que ha llenado mi alma de contento y va a arrebatar la de un amigo que toma tanto interés en la gloria de Caldas, son mis observaciones del barómetro, unidas a las del termómetro sumergido en el agua destilada. Sepa usted, mi Santiago, alégrese, felicítese, que la experiencia acaba de confirmar del modo más completo y satisfactorio nuestra teoría sobre la manera de hallar la elevación de los lugares por medio del termómetro. Este asunto es muy importante y muy nuevo, merece que le analice y le cuente el pormenor de todas mis observaciones sobre él.

El 23 traté de observar sobre el nivel de Paispamba así el barómetro como el termómetro en el agua: el día siguiente subí a un cerro muy elevado, llamado Tambores, y no desmintieron las operaciones practicadas en Popayán y en Paispamba; el siguiente subí a otro nombrado las Estrellas, y en los días consecutivos subí a otro llamado Sombreros, y bajé a un lugar llamado Las Juntas. Todas estas observaciones en niveles tan diferentes se acuerdan en dar $0^{\circ}974$ de menos en el termómetro por una pulgada en el barómetro.”⁴⁶⁷

Así, Caldas se hallaba entusiasmado al observar la coherencia en los datos obtenidos y la manera como las mediciones se ajustaban positivamente a su hipótesis inicial de que el punto de ebullición del agua estaba intrínsecamente ligado a la presión atmosférica: “la experiencia acaba de confirmar del modo más completo y satisfactorio nuestra teoría sobre la manera de hallar la elevación de los lugares por medio del termómetro.” Y, aún más, los primeros registros obtenidos insinuaban una correspondencia bastante precisa y lineal entre grados en el termómetro y pulgadas en el barómetro en una cuantificación que parecía tender a un coeficiente de equivalencia de $0^{\circ}974$ grados Réaumur en el termómetro por una pulgada de diferencia en la altura del mercurio en el barómetro.

Sin embargo, Caldas sabía que las observaciones hechas eran tan solo el comienzo del trabajo requerido sobre el terreno pues ahora era preciso descender hasta el nivel del mar para levantar muchos más registros a múltiples alturas cubriendo todo el espectro topográfico de la cordillera desde las nieves perpetuas andinas hasta la costa pacífica; este abanico de nuevas observaciones permitiría corroborar el presunto coeficiente hallado y refinar tanto los cálculos como la hipotética nueva escala de equivalencias entre grados termométricos y pulgadas barométricas; si las nuevas observaciones se ajustaban a lo esperado y los nuevos datos se podían traducir en una ecuación lineal definitiva (contando con que los cálculos no fueran demasiado complejos ni sobrepasaran las capacidades matemáticas de Caldas) entonces se podrían hacer predicciones con base en mediciones termométricas y barométricas deduciendo ya fuese la temperatura del punto de ebullición del agua o la presión atmosférica o la altitud sobre el nivel del mar de un lugar determinado.

Si todo se ajustaba a los presupuestos de Caldas y el proceso continuaba y concluía exitosamente, entonces llegaría el momento de comunicar el descubrimiento publicando una *Memoria* que cumpliría a cabalidad con los parámetros académicos y científicos requeridos:

“Confieso a usted que, a pesar de lo feliz de estos resultados, no me atrevo a presentar todavía en público mi teoría, mis observaciones y mis cálculos: es necesario en estas materias usar de un sabio pirronismo,

⁴⁶⁷ Carta 41 de Agosto 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.104-106.

y no exponerse a que los sabios la desmientan, y haga yo un papel ridículo en el mundo científico. Hasta mi vuelta de Quito, hasta que no haya hecho siquiera cien observaciones desde el nivel del mar hasta el término de la nieve permanente, no pienso decir nada: un golpe bien dado vale más que mil débiles, y cuando yo presente esta memoria ha de estar agotada la materia, y no he de dejar nada que desear; y ¡cuánto se necesita para llegar a este grado de perfección! La subdivisión de la nueva escala, los elementos del cálculo, el arreglo de los términos fijos del termómetro, su variación, el modo de hallar la altura media, con mil otros artículos que piden largas y profundas meditaciones [...]

No he comenzado, ni he querido calcular sobre el nivel del mar, porque es indispensable hacer observaciones en la costa misma, y sin este requisito no pienso publicar nada; y como espero bajar a Barbacoas, se me ofrece la más bella ocasión de completar y dar la última mano a esta teoría confirmada con la experiencia del modo más satisfactorio. Si el doctor Mutis me hubiera dado ya la elevación media del mercurio en Santafé, yo le diría positivamente al grado a que debía subir el termómetro, sumergido en el agua destilada hirviendo, dentro de una vigésima de grado, y esto por las variaciones del barómetro diurnas y periódicas que usted sabe tiene. El termómetro sumergido de ocho a diez de la mañana en el agua, debe subir una décima más que sumergido a las tres o cuatro de la tarde, porque como el calor del agua depende del peso de la atmósfera, debe tener las mismas variaciones. Yo todavía no he verificado estas variaciones con buenas observaciones, por falta de tiempo; pero espero hacerlas en Quito, en donde pararé seis meses, y adonde debe usted escribirme con frecuencia.”⁴⁶⁸

No obstante las esperanzas de Caldas en relación a haber realizado un descubrimiento relevante para los campos de la física, la topografía, la geografía y la meteorología, y de tener casi lista una formulación matemática que, a su parecer, describía con exactitud el fenómeno observado, lo cierto es que, si bien Caldas ya se había autoformado como un observador e instrumentista talentoso, su conocimiento teórico y académico del tema de la hipsometría era muy modesto y sus habilidades matemáticas tampoco le permitían elaborar un andamiaje matemático complejo que fuese más allá de un manejo lineal de las variables en juego y de cálculos logarítmicos sencillos puesto que su formación matemática era limitada.

Así las cosas, para 1801 Caldas ya tenía muy claro, gracias a sus abundantes y cuidadas observaciones, que el punto de ebullición del agua varía en función de la presión atmosférica y que ésta última, a su vez, varía en función de la altitud sobre el nivel del mar. Llegado este punto, indagó en sus libros y encontró en los *Elementos de física teórica y experimental* de Sigaud de la Fond⁴⁶⁹ que la correspondencia entre presión atmosférica y temperatura del punto de ebullición del agua era conocida y, además, se sabía que era una relación lineal pero no pudo encontrar en ningún libro una descripción matemática de la correspondencia entre el punto de ebullición del agua y la altitud (ni tampoco Humboldt pudo

⁴⁶⁸ Carta 41 de Agosto 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.106-108.

⁴⁶⁹ Como se ha mencionado en la nota al pie número 246, **Joseph-Aignan Sigaud de Lafond** (1730-1810) fue un físico francés al cual Caldas estudió leyendo sus *Elémens de physique théorique et expérimentale* (tratado publicado en París en 1787 y traducido al español bajo el título de *Elementos de física teórica y experimental* entre 1787 y 1792). Según menciona Caldas en su *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*, la obra de Sigaud de Lafond le sirvió como referente de sus trabajos hipsométricos: “Leí en Sigaut de la Fond (tomo 3, página 203) la idea de medir la altura de las montañas por medio del termómetro [...]”.

darle una información certera al respecto). Y ese era, justamente, el descubrimiento de Caldas del principio termométrico de la hipsometría.

Así, es acertado afirmar que nadie había descubierto lo que Caldas había intuido en el momento de reparar su termómetro estropeado: que era posible hallar un *método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*.

El siguiente paso era hallar un valor numérico que describiera la proporción entre grados de temperatura Réaumur y pulgadas de altura del mercurio en el barómetro; las primeras indagaciones lo llevaron a encontrar una proporción lineal según la cual una variación de 0°974 grados Réaumur equivalía a 1 pulgada de diferencia en la altura del mercurio en el barómetro. Y todo parecía ir bien pues el patrón hallado se ajustaba a las observaciones pero Caldas sabía que las mediciones que había realizado sobre el terreno estaban todas muy próximas a la altitud de Popayán y que, para confirmar su teoría, debía realizar más observaciones en lugares cuya diferencia de altura fuera muy grande y por eso deseaba realizar un viaje hacia la costa para, en el trayecto, ir realizando observaciones que cubrieran todo el espectro de altitudes de los Andes; sin embargo, la expedición no se concretó y la fórmula hallada por Caldas quedó como algo provisional que nunca perfeccionó a su entera satisfacción. Y no obstante el mérito innegable del descubrimiento, también es necesario anotar el hecho de que el cálculo de altitudes a partir de registros termométricos es mucho más complejo de lo que Caldas en un principio asumió como una simple relación lineal entre temperatura y presión barométrica.⁴⁷⁰

Llegados a este punto, es importante preguntarse qué tanta matemática sabía Caldas y, por ende, qué tan capacitado estaba para tratar de matematizar la relación cuantitativa que había logrado establecer entre temperatura del punto de ebullición del agua y presión atmosférica (relación que, si lograba matematizarse con exactitud, le permitiría deducir la altitud sobre el nivel del mar de cualquier lugar a partir de medir en el termómetro la temperatura del agua hirviendo).

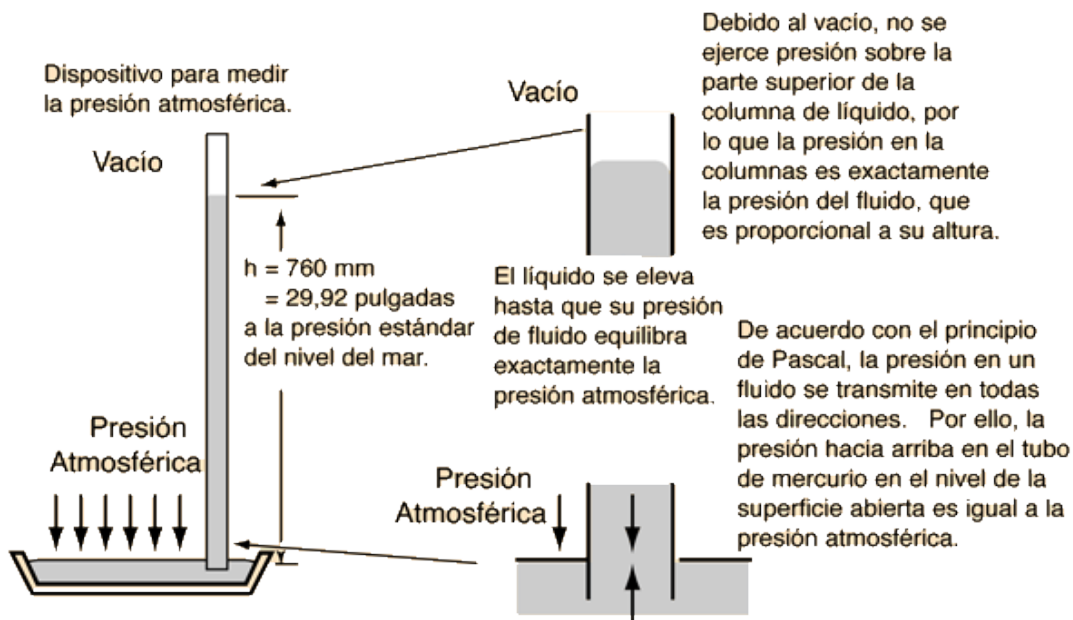
Igualmente, es preciso indagar sobre el tema de la hipsometría más allá de la figura de Francisco José de Caldas y dentro del contexto de la ciencia europea para comprender a ciencia cierta qué tanto se sabía del tema, qué tanto se había hecho al respecto en los años y siglos anteriores y en qué nivel se encontraban las investigaciones para finales del siglo XVIII y, por último, cuál fue exactamente el análisis matemático que Caldas realizó entre 1801 y 1802.⁴⁷¹

⁴⁷⁰ "Los tremendos desniveles de los Andes y otros factores no representables por una relación lineal le hubieran requerido un bagaje matemático que estaba fuera de su alcance." Véase: ARIAS DE GREIFF, Jorge. *Caldas: inquietudes, proyectos y tragedias*. En ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 - 1816*. pp. 37-53. p.39.

⁴⁷¹ Como textos de referencia relevantes en relación al análisis matemático de los planteamientos de Caldas sobre el tema de la hipsometría, véase: ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*. En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. pp.115-144. [Este mismo texto también fue publicado en la revista *Meteorología Colombiana*, Número 2, 2000, pp.131-140 y en: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 - 1816*. Molinos Velázquez. Bogotá. 1994. pp. 65-76.]. Y los capítulos 19, 20, 21 y 22 de: BATEMAN, Alfredo. *Francisco José de Caldas. El hombre y el sabio*. Editorial Planeta. Bogotá. 1998. pp.109-140.

8.1 - La búsqueda de la fórmula para la nivelación barométrica con base en la relación entre presión atmosférica y altitud durante los siglos XVII y XVIII: de Torricelli a Laplace.

El descubrimiento de la presión atmosférica o, en otras palabras, el haber descubierto que el aire tiene peso y que la atmósfera 'pesa' sobre la tierra, se debe al físico italiano Evangelista Torricelli⁴⁷² quien afirmó: "Vivimos sumergidos en el fondo de un océano de aire normal y corriente que, gracias a experimentos irrefutables, sabemos que tiene peso."⁴⁷³ para tratar de cuantificar el peso que el aire ejerce sobre un lugar determinado, Torricelli inventó en 1643 el barómetro de mercurio que consiste, básicamente, en un tubo de vidrio sellado en su parte superior que descansa verticalmente sobre un recipiente abierto al exterior en el que hay mercurio en reposo; la atmósfera ejerce un peso determinado, o presión atmosférica, sobre el mercurio del recipiente y éste se eleva en el interior del tubo alcanzando una altura determinada que se cuantifica, según el sistema de medidas utilizado, en milímetros y centímetros o en pulgadas y líneas:



474

Un año después de la muerte de Torricelli, en 1648, Blaise Pascal⁴⁷⁵ realizó un experimento que demostró que la presión atmosférica disminuye en la medida en que aumenta la altura sobre el nivel

⁴⁷² Como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 252.

⁴⁷³ PICKOVER, Clifford. *El libro de la Física*. p.92.

⁴⁷⁴ Imagen tomada de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pman.html> [Consultado en Febrero 10 de 2019]

⁴⁷⁵ **Blaise Pascal** (1623-1662) fue un filósofo y científico francés que destacó en numerosos campos tales como la matemática, la física y la teología. Entre sus investigaciones y contribuciones se cuenta el haber diseñado y construido calculadoras mecánicas, haber ideado, en matemáticas, el llamado 'Triángulo de Pascal' y haber explorado la teoría de probabilidades; en física, adelantó importantes investigaciones y experimentos sobre fluidos, presiones y vacío. Entre sus obras más importantes, se encuentran: *Essai pour les coniques* (1639), *Experiences nouvelles touchant le vide* (1647), *Traité du triangle arithmétique* (1653), *De l'Esprit géométrique* (1657) y *Pensées*. Sobre su vida y obra, véase: BÉGUIN, Albert. *Pascal*. Fondo de Cultura Económica. México. 2014. Y: DEULOFEU, Jordi. DEULOFEU, Roger. *Pascal. Los fundamentos de la probabilidad*. Colección Genios de las Matemáticas. RBA. España. 2017.

del mar: aplicando el principio del recién inventado barómetro, tomó mediciones en la base y en la cima del volcán extinto del Puy-de-Dôme - cercano a la villa natal de Pascal, Clermont Ferrand en los Alpes franceses - y demostró que en la medida en que se asciende sobre una montaña la altura de la columna de mercurio, que cuantifica la presión atmosférica, desciende dentro de su tubo de vidrio pues la presión atmosférica disminuye.⁴⁷⁶ Tras realizar su experiencia, Pascal propuso que el barómetro no sólo podía servir para cuantificar la presión atmosférica en un lugar determinado sino que también podía usarse para determinar la altitud de las montañas sobre el nivel del mar.⁴⁷⁷

Tras estas primeras indagaciones sobre la relación entre presión atmosférica y altitud sobre el nivel del mar, el físico francés Edmé Mariotte,⁴⁷⁸ tras estudiar la compresión de los gases de manera autónoma, llegó a descubrir la misma ley relativa al comportamiento de los gases intuida por Boyle (conocida como *Ley de Boyle-Mariotte*) y, en relación al tema de la presión y la altitud, sugirió que mientras la altitud aumenta según una progresión geométrica, la presión decrece según una progresión aritmética; esta interdependencia entre altitud y presión, Mariotte la matematizó en estos términos:⁴⁷⁹

$$H = 63d + \frac{63}{168} \cdot \frac{d(d-1)}{2}$$

En donde H simboliza la diferencia de altura en toesas de los dos lugares considerados y d la diferencia en las lecturas del barómetro respectivas expresadas en líneas. Los coeficientes 63 y 168 son constantes experimentales obtenidas por Mariotte a partir de sus observaciones.

Puesto que en situaciones experimentales o en modelos matemáticos en los cuales los términos de una progresión aritmética aparecen relacionados con los de una progresión geométrica, su relación puede expresarse en términos logarítmicos, el científico inglés Edmund Halley⁴⁸⁰ matematizó la ley descubierta por Mariotte de la siguiente manera:

$$\frac{h_2 - h_1}{\log b_1 - \log b_2} = \frac{h_3 - h_1}{\log b_1 - \log b_3}$$

⁴⁷⁶ "Este es el principio de la búsqueda de fórmulas de nivelación barométrica, es decir, de aquéllas que establecen la diferencia de nivel o altura entre dos puntos mediante lecturas del barómetro, como ayuda o sustituto de lo que se sabía hacer geodésicamente. Este tipo de relaciones cuantitativas constituyen las primeras aplicaciones de las matemáticas a la meteorología [...]." ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*. p.118.

⁴⁷⁷ Para un recuento general de la historia de los métodos para medir la altura de las montañas desde los antiguos griegos hasta el siglo XIX, véase: CAJORI, Florian. "History of the determinations of the heights of mountains". En: *Isis, A journal of the History of Science Society*, December 1929, Volume 12, Issue 3, pp.482-514. The University of Chicago Press Journals.

⁴⁷⁸ **Edmé Mariotte** (1620-1684) fue un sacerdote francés que destacó como físico y como químico. Fue uno de los pioneros de la física experimental e incursionó en diversos campos de la física y la química tales como el comportamiento de los gases en relación a la presión y la temperatura, la óptica y la hidrodinámica.

⁴⁷⁹ Como texto de referencia concerniente a la historia de la matematización de la relación entre presión atmosférica y altitud sobre el nivel del mar, véase: FRISINGER, Howard. *Mathematicians in the History of Meteorology: the Pressure-Height problema from Pascal to Laplace*. En: *Historia Mathematica*, Issue 1, 1974, pp.263-286. Y, como investigación más general sobre el campo de la meteorología: FRISINGER, Howard. *The History of Meteorology: to 1800*. American Meteorological Society. Boston. 1983.

⁴⁸⁰ Sobre su vida y obra, véase nota al pie número 389.

En donde \log designa el logaritmo decimal y b_1, b_2, b_3 las lecturas barométricas respectivas de los puntos determinados por las alturas h_1, h_2, h_3 .

Halley estaba consciente de que su fórmula de nivelación barométrica no tenía en cuenta las variaciones atmosféricas que se producen por los cambios en la densidad del aire a causa de la oscilación de la temperatura pero consideraba que la fórmula resultaba viable dentro del espectro de las alturas normalmente estudiadas.

Estas dos fórmulas de nivelación barométrica fueron aceptadas, difundidas y ampliamente utilizadas a lo largo de los siglos XVII y XVIII y ya se ha visto que Caldas utilizó la ecuación de Halley en su artículo de 1801 titulado *Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe* para tratar de determinar la altura de la montaña estudiada.

Otros científicos estudiaron tanto el problema físico de la relación entre presión y altitud como las fórmulas de Halley y Mariotte y, entre ellos, el astrónomo francés Jacques Cassini⁴⁸¹ llegó a proponer otras fórmulas alternativas que no lograban ajustarse del todo a los datos observacionales obtenidos por él mismo y eso lo llevó a sugerir la imposibilidad de crear una ecuación o modelo matemático que lograra describir la relación entre presión y altitud de manera precisa y confiable dada la cantidad de variables presentes y su alto nivel de indeterminación (variaciones climáticas, oscilaciones de temperatura, mareas atmosféricas, condiciones meteorológicas, etc.).

Para mediados del siglo XVIII, entre 1735 y 1744, tuvo lugar la importante *Misión geodésica francesa*, auspiciada por la Academia de las Ciencias de Francia y conformada por un distinguido grupo de científicos franceses y españoles bajo el mando del militar y explorador francés Charles-Marie de La Condamine,⁴⁸² cuyo objetivo principal era lograr medir en cercanías a la línea del Ecuador la longitud de un grado de meridiano terrestre (y tras determinar sobre el terreno por triangulación la longitud de un arco de meridiano reducido) para resolver el debate en torno a la forma de la Tierra pues aún no había logrado determinarse si el planeta era un esfera alargada hacia los polos (como sostenía Jacques Cassini) o, por el contrario, si estaba achatada en los polos y su diámetro era mayor en el Ecuador (como lo había afirmado Sir Isaac Newton). La medición de alturas resultaba un elemento crucial de la expedición pues, dado el pronunciado relieve de los Andes en el territorio de la Real Audiencia de Quito en donde se estaban realizando las observaciones (montañas y altiplanicies con altitudes superiores a 2500 m.s.n.m.), era necesario calcular las alturas con la mayor exactitud posible para no falsear los delicados cálculos geodésicos; en esta coyuntura, las fórmulas de Halley y de

⁴⁸¹ **Jacques Cassini** (1677-1756) fue un reconocido astrónomo francés hijo del también astrónomo **Giovanni Cassini** (1625-1712). Jacques fue miembro de la prestigiosa *Académie des sciences* y también de la *Royal Society* y fue el sucesor de su padre como director del Observatorio de París. Se interesó por cuestiones astronómicas tales como la observación de Saturno y sus satélites y por problemas geodésicos como el de la medición exacta de un meridiano terrestre y la determinación del tamaño y forma de la Tierra.

⁴⁸² Como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 189.

Mariotte fueron no sólo cuidadosamente utilizadas sino también puestas a prueba en condiciones muy especiales dadas las alturas y latitudes de los lugares estudiados.⁴⁸³

Dos de los miembros de la expedición, los científicos españoles Jorge Juan y Santacilia⁴⁸⁴ y Antonio Ulloa⁴⁸⁵ trabajaron sobre las fórmulas de Halley y Mariotte y, con base en sus muchas observaciones y en su extenso trabajo de campo sobre las cimas andinas, propusieron modificaciones a ambas para lograr una mayor exactitud; así, sobre la fórmula ya citada de Mariotte, sugirieron:

$$H = \frac{207}{2} d + (0,125) \cdot \frac{d(d-1)}{2}$$

En donde H simboliza la diferencia de altura en pies de los dos lugares considerados y d la diferencia en las lecturas del barómetro respectivas expresadas en líneas. Los coeficientes $\frac{207}{2}$ y 0,125 son constantes experimentales obtenidas a partir de las observaciones sobre los Andes y reemplazan los coeficientes de 63 y 168 propuestos por Mariotte.⁴⁸⁶

Y, a su vez, para la ecuación de nivelación barométrica de Halley, propusieron la siguiente modificación:

$$H = (10000) A \frac{\log d - \log a}{\log a - \log b}$$

En donde *log* designa el logaritmo decimal y A simboliza la diferencia de alturas entre el punto de referencia denominado Caraburú (cuya altura calcularon en 1226 toesas) y un punto B cuya altura sobre Caraburú había sido calculada geodésicamente. La letra a representa la lectura del barómetro en líneas en la altura de Caraburú, b representa la lectura del barómetro en líneas en el punto B y d la lectura del barómetro en líneas en el punto D cuya altura se desea calcular.⁴⁸⁷

A su vez, el científico Pierre Bouguer,⁴⁸⁸ quien también hacía parte de la *Misión geodésica francesa*, propuso esta otra fórmula de nivelación barométrica (aunque estaba consciente de que, por alguna

⁴⁸³ "En una región totalmente montañosa y alta, como la escogida en los Andes ecuatoriales, esta triangulación necesitaba de un conocimiento exacto de las alturas de los puntos de referencia. En principio, el cálculo de estas alturas se haría geodésicamente; pero la disposición del terreno no lo permitía, por lo que resolvieron deducir las alturas con el barómetro. Tomada esta resolución, procedieron a utilizar las observaciones barométricas tomadas durante el largo viaje de Europa a Quito y las tomadas in situ, para establecer las constantes experimentales que hicieran confiables las relaciones de Mariotte y Halley" ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*. p.120.

⁴⁸⁴ Sobre su vida y obra, véase nota al pie número 182.

⁴⁸⁵ Como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 183.

⁴⁸⁶ Como se mencionó en el capítulo anterior, Caldas utilizó esta fórmula de Jorge Juan en el *Cálculo* 3° del artículo *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'* publicado en 1801.

⁴⁸⁷ Como se ha visto en el capítulo anterior, Caldas utilizó esta misma fórmula y la misma referencia de Caraburú como punto de comparación en el *Cálculo* 1° de su artículo sobre la altura del cerro de Guadalupe: "Sabemos que Caraburú es el punto más bien establecido en alturas entre todos los que sirvieron en la Provincia de Quito para la determinación de la figura de la tierra. M. de La Condamine manifiesta los cuidados, las combinaciones y los cálculos que les mereció la elevación de este lugar, la más baja de todas las estaciones en la serie de triángulos y el extremo boreal de la base de Yaruquí: este autor lo fija en 1,226,0 toesas.". CALDAS, Francisco José. *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'*. p.370.

⁴⁸⁸ En relación a su vida y obra, véase nota al pie número 267.

razón que se le escapaba, la ecuación no funcionaba correctamente para calcular las alturas de lugares cercanos al nivel del mar):

$$H = (10000) \frac{29}{30} (\text{Log } B - \text{Log } b)$$

En donde *log* designa el logaritmo decimal y H simboliza la diferencia de alturas (medida en toesas) a calcular entre los dos puntos de referencia B y b (conociendo la altura sobre el nivel del mar de uno de ellos y desconociendo la del otro); B representa la lectura barométrica en líneas del punto de menor altitud y b representa la lectura barométrica en líneas del punto de mayor altitud.⁴⁸⁹

Si bien desde el siglo XVII se había descubierto que las lecturas del barómetro se veían afectadas por la temperatura ambiental, el primer científico que trató de integrar este factor climático en las fórmulas de nivelación barométrica fue el meteorólogo suizo Jean-André Deluc⁴⁹⁰ quién, además de ser un talentoso fabricante de termómetros y barómetros en los que insertó mejoras de diseño importantes, empezó a tener en cuenta (y a tratar de cuantificar y matematizar) la manera como la temperatura ambiental afectaba la densidad del aire y del mercurio usado en los instrumentos de medición. Teniendo en cuenta este nuevo factor físico, Deluc reformuló la ecuación de Halley para la nivelación barométrica de la siguiente manera:

$$H = (10000) (\text{Log } B - \text{Log } b) 1 \frac{C - 16 \frac{3}{4}}{215}$$

En donde *log* designa el logaritmo decimal y H simboliza la diferencia de alturas (medida en toesas) a calcular entre los dos puntos de referencia cuyas respectivas lecturas barométricas en líneas se representan por las letras B y b (ajustadas por un factor de conversión establecido en grados termométricos de Deluc que son más pequeños que los grados Reáumur) y C representa la media aritmética resultante de la lectura de dos termómetros que registran la temperatura ambiental en los dos puntos de referencia.

La culminación de este proceso de búsqueda de una fórmula confiable y precisa de nivelación barométrica que lograra superar las imprecisiones e inconvenientes mencionados llegó a finales del siglo XVIII con las investigaciones del gran científico francés Pierre Simon-Laplace⁴⁹¹ quien formuló la ecuación de nivelación barométrica que aún se utiliza en la actualidad y que integra factores que inciden en mayor o menor medida en la relación entre presión atmosférica y altitud tales como la temperatura ambiental, la latitud, la variación de la gravedad en función de la altitud sobre el nivel del mar y el grado de humedad. La fórmula de Laplace para obtener la diferencia de alturas entre dos

⁴⁸⁹ Como se mencionó en el capítulo anterior, Caldas utilizó esta fórmula para la nivelación barométrica de Pierre Bouguer en el Cálculo 2º del artículo *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'* publicado en 1801.

⁴⁹⁰ Como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 428.

⁴⁹¹ Para referencias sobre la vida y obra de Laplace, véase nota al pie número 430.

puntos determinados de la superficie terrestre en función de las lecturas barométricas y la medición de la temperatura ambiental en ambos puntos y la latitud, es la siguiente:⁴⁹²

$$h = 18405 (1 + 0.0026 \cos 2\varphi) \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right] \log \frac{A}{a}$$

En donde: h = Diferencia de alturas (medida en metros) a calcular entre los dos puntos de referencia; φ = latitud del punto geográfico cuya altura se desea calcular; A y a = lectura barométrica del punto de menor altura y del punto de mayor altura, respectivamente; T y t = temperatura ambiental del punto de menor altura y del punto de mayor altura, respectivamente; *cos* = coseno; *log* = logaritmo decimal (nótese, para evitar confusiones, que las letras mayúsculas simbolizan las mediciones en el punto de menor altitud y las letras minúsculas representan las mediciones en el punto de mayor altitud).

8.2 - El principio termométrico de la hipsometría concebido y matematizado por Caldas.

¿Qué tanta matemática y física sabía Caldas?; y en el campo concreto de la hipsometría, ¿qué tanto sabía de topografía y de meteorología?

En lo relativo a matemáticas, se puede afirmar (con base en las operaciones aritméticas y algebraicas que aparecen en sus escritos) que la formación de Caldas era sencilla: aparte de manejar las operaciones básicas sobre números reales, las nociones de radicación y potenciación y el uso de logaritmos decimales y funciones trigonométricas y de conocer, en lo relativo al álgebra, lo básico sobre el manejo de ecuaciones lineales, poco más se podría decir pues las operaciones avanzadas del cálculo infinitesimal o las matemáticas complejas de la física newtoniana estaban más allá de su modesta formación.

En lo relativo a los campos de la topografía y la meteorología, los mismos escritos y correspondencia de Caldas dan abundantes pistas sobre su nivel formativo y permiten hacerse una idea bastante clara de sus capacidades y falencias. Como topógrafo y cartógrafo, Caldas era un practicante bastante talentoso (no hay que olvidar los elocuentes elogios que le dedicó Humboldt en estas áreas): tenía buenos conocimientos geométricos y trigonométricos que se traducían en un buen manejo de los elementos básicos de la observación astronómica aplicada a la fijación de posiciones celestes de declinación y ascensión recta y a la determinación de latitudes y de longitudes sobre el terreno; también era bastante hábil en el levantamiento de mapas y perfiles topográficos.

En el caso concreto de la hipsometría, el mismo Caldas dejó muchas anotaciones en sus obras y correspondencia que permiten apreciar el nivel de sus conocimientos y, muy importante, conocer las fuentes bibliográficas y los autores de los cuales aprendió sobre el tema:

En su primer escrito sobre el tema de la hipsometría, el artículo de 1801 titulado *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'*, Caldas

⁴⁹² Como se mencionó en el capítulo anterior, Caldas utilizó en 1809 esta fórmula de nivelación barométrica concebida por Pierre-Simon Laplace para calcular la altura del Real Observatorio Astronómico de San Carlos de la ciudad de Santafé dejando registro de su operación en el texto titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*.

enuncia y aplica con solvencia no sólo una sino tres fórmulas para la nivelación barométrica en tres cálculos sucesivos: para el *Cálculo 1º* utilizó la reconocida fórmula para la nivelación barométrica de Halley, para el *Cálculo 2º* empleó la fórmula concebida por Pierre Bouguer durante la *Misión geodésica francesa* y para el *Cálculo 3º* aplicó la ecuación propuesta por Jorge Juan y Antonio de Ulloa durante la misma expedición. Es importante observar el buen conocimiento y manejo que Caldas demuestra de estas fórmulas y más teniendo en cuenta el hecho de que las dos últimas (la ecuación de Bouguer y la planteada por Jorge Juan y Ulloa) fueron concebidas y aplicadas durante trabajos topográficos que tuvieron lugar en las cimas y altiplanicies andinas en un entorno geográfico igual al de Popayán y al de la región andina del Nuevo Reino de Granada mientras que la fórmula de Halley fue concebida a partir de observaciones realizadas en el viejo continente (ya fuese en Inglaterra o en Europa continental) a altitudes muy cercanas al nivel del mar y en zonas estacionales cuya geografía y meteorología son muy diferentes a las de los Andes americanos. Al final de su escrito, como se ha visto en el capítulo anterior, Caldas procedió a promediar los resultados obtenidos a partir de las tres fórmulas para minimizar el margen de error tratando de depurar al máximo el resultado final sobre la altura del Cerro de Guadalupe.

Y en el último escrito que dedicó al tema de las nivelaciones barométricas, el artículo de 1809 titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*, ya es notorio el hecho de que Caldas ha aprendido y madurado mucho durante los ocho años transcurridos desde la medición del Cerro de Guadalupe pues en este texto decidió utilizar la reciente fórmula para la nivelación barométrica planteada por Pierre-Simon Laplace en la que se tienen en cuenta factores físicos (que las fórmulas anteriores no integraban) tales como la temperatura ambiental, la latitud y la variación de la gravedad en función de la altitud sobre el nivel del mar. Además, la fórmula de Laplace llevó a Caldas a utilizar el recién creado sistema métrico decimal asumiendo un nuevo lenguaje metrológico proyectaría a la ciencia occidental hacia nuevos horizontes.

Es evidente entonces que Caldas conocía, manejaba y aplicaba con soltura las fórmulas para la nivelación barométrica de Halley, Bouguer, Jorge Juan y Ulloa y, la más importante y completa, la fórmula de Laplace.

Incluso es posible rastrear con certeza los libros que Caldas estudió y de los cuales aprendió los temas y las fórmulas en cuestión: conocía y poseía el libro de Jorge Juan titulado *Observaciones astronómicas, y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reynos del Perú de las quales se deduce la figura, y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegación* publicado en Madrid por Juan de Zuñiga en 1748;⁴⁹³ también había estudiado el tratado de Pierre Bourguer, publicado en París en 1749, titulado *La figure de la terre, déterminée par les observations de Messieurs Bouguer, & de la Condamine, de l' Académie Royale des Sciences, envoyes par ordre du Roy au Pérou, pour observer aux environs de l' Equateur Avec une relation abrégée de ce*

⁴⁹³ Este libro aparecía inventariado dentro de la biblioteca de Caldas que fue decomisada por el general Pascual Enrile en 1816 (el catálogo completo de los libros de la biblioteca personal de Caldas se encuentra en: GONZÁLEZ, Marcos. *Francisco José de Caldas y la Ilustración en la Nueva Granada*. Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1985. Anexo N° 23. pp.204-206.) Como estudio de contextualización y presentación de Jorge Juan y de su obra, véase: DORCE, Carlos. *Historia de las Matemáticas en España*. Volumen I. Capítulo 4. *La entrada en el siglo XVIII*. pp.237-312. Volumen II. Capítulo 7. *La segunda mitad del siglo XVIII*. pp.81-174. Es posible consultar, en formato digital, la edición original de 1748 de la obra de Jorge Juan en: <https://archive.org/details/A298171/page/n12/mode/2up>. [Consultado en Julio 2 de 2019]

voyage, qui contient la description du pays dans lequel les opérations ont été faites en el que se describían las operaciones realizadas durante la *Misión geodésica francesa* a mediados del siglo XVIII⁴⁹⁴ y Caldas también estudió la obra del científico francés Sigaud de Lafond titulada *Elémens de physique théorique et expérimentale* en su traducción española publicada por la Imprenta Real de Madrid entre 1787 y 1792.⁴⁹⁵

Y la más exacta y moderna fórmula de Laplace para la nivelación barométrica (aparejada al revolucionario uso del sistema métrico decimal) la aprendió, como el mismo Caldas menciona en 1809, “en los Elementos de Física de Mr. Haüy,⁴⁹⁶ París, 1806.”⁴⁹⁷

En relación a los conocimientos hipsométricos de Caldas, merece una mención especial el interludio de colaboración y trabajo conjunto con Humboldt que tuvo lugar entre febrero y marzo de 1802 cuando el científico neogranadino convivió y adelantó observaciones tanto con el barón prusiano como con su ayudante Bonpland pues estos fructíferos meses de convivencia significaron para Caldas una verdadera escuela y una puesta al día en cuanto a su formación científica se refiere.⁴⁹⁸

“La llegada del señor Barón de Humboldt se acercaba: espero con impaciencia a este joven sabio para salir de mis dudas. Con su trato me confirmo en que la altura media del mercurio al nivel del mar en la vecindad del ecuador es dudosa, y que absolutamente ignoramos el calor del agua en el mismo. Manifiesto mi método, pregunto si es nuevo. Cree este sabio, a primera vista, que Sucio⁴⁹⁹ había trabajado sobre esta idea; ve sus manuscritos y me contesta: Sucio no ha pensado como usted en agua hirviendo; sus trabajos se han limitado al temple de la atmósfera; asigna 640 pies de altura por un grado en el termómetro, y yo he observado en el pico de Teide que da muy bien este coeficiente cuando el día es sereno y su obra en lugares elevados. Desde este momento entro en posesión de este, si se puede llamar, pequeño descubrimiento. ¡Qué diferencia del método de Sucio al mío! ¡qué imperfecto el del primero! ¡qué precario! Sucio no es sino el perfeccionador de las ideas de Heberden, ideas expuestas a los

⁴⁹⁴ Es posible consultar, en formato digital, la edición original de 1749 de la obra de Pierre Bouguer en: https://archive.org/details/BUSA297_192/page/n7/mode/2up [Consultado en Diciembre 19 de 2019]

⁴⁹⁵ Es posible consultar, en formato digital, la edición original de la traducción española de 1787 de la obra citada por Caldas (Tomo III de los *Elementos de física teórica y experimental*) en:

https://books.google.com.co/books?id=FGz7ybKNmEcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [Consultado en Diciembre 19 de 2019]

⁴⁹⁶ **René Just Haüy** (1743-1822); como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 436.

⁴⁹⁷ *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. p.140.

⁴⁹⁸ En relación a la interacción entre Caldas y Humboldt en torno al principio termométrico de la hipsometría, véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. *Las mediciones barométricas de Humboldt y Caldas en la Nueva Granada*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338720122_Las_mediciones_barometricas_de_Humboldt_y_Caldas_en_la_Nueva_Granada. [Consultado en Julio 4 de 2019] Y estos dos artículos: ARIAS DE GREIFF, Jorge. *El método de Caldas para medir la altura de las montañas*. pp.99-113. Y: ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas y la matematización de la naturaleza. La querrela con Humboldt sobre el hipsómetro*. pp.145-166. Ambos en: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016.

⁴⁹⁹ Caldas transcribe mal el apellido de este científico (quizá por una confusión fonética entre el español y el francés): en realidad se trata del naturalista, botánico y geólogo suizo **Horace Bénédict de Saussure** (1740-1799); como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 414.

mayores errores, casi impracticables y que exigen el juicio y la prudencia de un físico experimentado para poderlas aplicar con suceso."⁵⁰⁰

Y esta noticia dada por Humboldt llevó a Caldas a sentir que se materializaban sus esperanzas de haber hecho un descubrimiento valioso y digno de reconocimiento puesto que su principio termométrico era desconocido en los anales de la ciencia europea:

*"Ya se acordará usted que le remití un ejemplar del cálculo, y todo él se dirige a calcular elevación del barómetro por el termómetro en agua hirviendo; conocida la del barómetro, está resuelto el problema de medir las montañas por el termómetro. [...] Ahora sí debe usted felicitarme; ya sé lo que Europa sabe en otra materia, y si yo por mis libros miserables adiviné la teoría fundamental, he llevado el cálculo por un camino bien diferente, y he dado un grado de perfección al método, no conseguido en Europa. Consulte usted mis cartas sobre esta materia, y verá qué exactitud tan asombrosa en los resultados. Así observaba en Popayán antes de conocer a Humboldt. ¿Qué haré después de haberlo consultado? ¡Ah! si se verifican nuestros grandes proyectos, ¡a qué punto de perfección llevaré este objeto interesante! Estoy ahora seguro que tiene algún mérito la cosa, y que merece el perfeccionarse."*⁵⁰¹

También a través de las conversaciones con Humboldt, Caldas tuvo noticias fragmentarias de los trabajos y observaciones de Jean-André Deluc,⁵⁰² Johann Georg Tralles,⁵⁰³ Nevil Maskelyne⁵⁰⁴ y George Shuckburgh⁵⁰⁵ aunque estas referencias hechas Humboldt pudieron resultar un tanto imprecisas pues él tampoco estaba totalmente al tanto del tratamiento que cada autor había dado a la relación entre temperatura de ebullición del agua y presión atmosférica y no era un experto en este tema específico que, probablemente, tan sólo había estudiado y explorado de manera tangencial y utilitaria hasta que las conversaciones con Caldas lo hicieron pensar más a fondo en el asunto.⁵⁰⁶

⁵⁰⁰ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro.* p.166.

⁵⁰¹ *Carta 61 de Marzo 21 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo.* p.171.

⁵⁰² Sobre su vida y obra, véase nota al pie número 428.

⁵⁰³ Como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 427.

⁵⁰⁴ **Nevil Maskelyne** (1732-1811) fue un reconocido astrónomo inglés que llegó a ocupar el importante cargo de Astrónomo Real y Director del Observatorio Astronómico de Greenwich; se interesó también por la geodesia llevando a cabo observaciones y experimentos tales como la medición de la longitud de un grado de meridiano terrestre en la latitud del estado de Maryland en los Estados Unidos de América; esta medición fue exitosamente realizada entre 1766 y 1768 por el astrónomo inglés Charles Mason (1730-1787) y el geógrafo y astrónomo inglés Jeremiah Dixon (1733-1779).

⁵⁰⁵ **George Augustus William Shuckburgh-Evelyn** (1751-1804) fue un matemático y astrónomo inglés que también participó en política; entre 1774 y 1797 llegó a publicar doce volúmenes de efemérides y observaciones astronómicas y también adelantó observaciones sobre la variabilidad del punto de ebullición del agua dependiendo de los cambios en la presión atmosférica y señaló la importancia de tener en cuenta este fenómeno físico en el momento de fabricar y calibrar los termómetros.

⁵⁰⁶ *"Humboldt sabe realizar mediciones de alturas a través de técnicas hipsométricas. Lo hace aparentemente menos por interés teórico intrínseco que por el propósito utilitario de aplicar en sus ascensiones una técnica que ya le era familiar."* ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas y la matematización de la naturaleza. La querrela con Humboldt sobre el hipsómetro.* En: VALENCIA, Darío [Editor

Años más tarde, para 1816, Humboldt dejó en el primer volumen de su extenso *Voyages aux régions équinoxiales du Nouveau Continent* un interesante comentario sobre el asunto del agua hirviendo en relación a las mediciones barométricas que demuestra que el tema le parecía digno de consideración y que conocía y recordaba los trabajos de Caldas al respecto:

*“Fue cerca de la Cueva del Hielo donde los Sres. Lamanon y Monges, en la expedición de Lapérouse, hicieron su experimento sobre la temperatura del agua hirviendo. Hallaron estos físicos que era de 88°,7, sosteniéndose el barómetro a 19 pulgadas 1 línea. En el virreinato de la Nueva Granada, en la capilla de la Guadalupe, cerca de Santa Fe de Bogotá, vi hervir el agua a 89°, 9 con una presión de 19'1,9". En Tambores, provincia de Popayán, halló el Sr. Caldas a 89°,5 el calor del agua hirviendo, sosteniéndose el barómetro en 18"11,0'".”*⁵⁰⁷

Por su parte, desde el momento de su descubrimiento, Caldas estaba luchando por hallar la fórmula precisa que diese cuenta de la relación entre la presión atmosférica (medida barométricamente) y la temperatura del punto de ebullición del agua (medida termométricamente) sin que hubiese logrado todavía finiquitarla exitosamente:

Para cuando compartió trabajos con Humboldt y Bonpland, en los primeros meses de 1802, Caldas sabía que había una correlación directa entre la presión atmosférica y el punto de ebullición del agua y pensaba en un modelo euclidiano en que a cada registro de una magnitud (la presión atmosférica) equivale una medida del otro factor (la temperatura) y viceversa pero se equivocaba al suponer que esta correlación (creciente o decreciente) se daba de acuerdo a un patrón algebraico sencillo que podía ser expresado en una ecuación de primer grado (es decir, una fórmula en la que las variables en juego nunca tienen un exponente superior a la unidad); como resulta evidente en las fórmulas de Halley, Bouguer y Laplace, la relación entre presión barométrica y altitud sobre el nivel del mar no puede expresarse a partir de una ecuación lineal y exige la concepción y el planteamiento de ecuaciones trascendentes que incluyen funciones logarítmicas, exponenciales y trigonométricas mucho más complejas.

Así, enfocado en hallar la fórmula que relacionase la presión barométrica con la medición termométrica del punto de ebullición del agua, Caldas centró sus esfuerzos, primero, en realizar tantas mediciones barométricas y termométricas como fuera posible a múltiples alturas utilizando siempre los mismos instrumentos y la misma agua destilada para reducir al máximo el margen de error de las observaciones y tomó como punto de referencia su casa de Popayán en cuanto a presión atmosférica, temperatura de ebullición del agua y altura sobre el nivel del mar; y, segundo, tras obtener y depurar los datos de sus mediciones, se concentró en tratar de plantear una fórmula lineal que diera cuenta de las correlaciones entre las medidas barométricas y las termométricas.

académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro*. Francisco José de Caldas 1768-1816. pp.145-166. p.147.

⁵⁰⁷ HUMBOLDT, Alejandro de. *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente*. 5 volúmenes. Monte Ávila Editores. Caracas. 1991. Tomo I. Libro Primero. Capítulo II. p.148.

Fue así como, en un principio, halló que 0,974 grados Réaumur de temperatura en el termómetro correspondían a 12 líneas (equivalentes a una pulgada) en el barómetro:

“Todas estas observaciones en niveles tan diferentes se acuerdan en dar 0°974 de menos en el termómetro por una pulgada en el barómetro; este número precioso, buscado a fuerza de tantos trabajos y fatigas, es el medio aritmético entre cinco operaciones diferentes que no difieren entre sí sino en algunas milésimas, cantidad verdaderamente despreciable, que proviene de la imperfección de nuestros instrumentos actuales, y de la corta extensión de nuestros sentidos.”⁵⁰⁸

Es importante tener en cuenta que esta noticia del hallazgo de ‘este número precioso’ se encuentra en una carta de agosto de 1801 (el descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría había tenido lugar durante los primeros meses de 1801 en Popayán cuando Caldas trabajaba solo y aún no había conocido ni a Mutis ni a Humboldt); y la primera vez que Caldas consignó la esperada fórmula hipsométrica fue en abril de 1802 en el *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro*.

Así, resulta claro que Caldas esperó un año entero antes de decidir compartir su fórmula con Mutis y, mientras tanto, aprovechó el viaje a Quito para realizar muchas observaciones barométricas y termométricas en múltiples alturas y para interrogar a Humboldt sobre qué tanto se sabía en Europa en lo concerniente a la relación entre presión atmosférica y el punto de ebullición del agua y si esta correlación se había vinculado con el problema de conocer la altitud de un lugar sobre el nivel del mar.

Finalmente, para abril de 1802, Caldas consignó por escrito la ecuación lineal y la describió con todo detalle en su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro*:

“Ya estamos en el caso de resolver el problema. Dado el calor del agua hirviendo de un lugar, hallar la elevación correspondiente del mercurio en el barómetro y su altura sobre el nivel del mar. [...]

No se puede desear mayor exactitud. Si queremos una expresión general de este cálculo, hagamos:

a = la altura del barómetro en Popayán o el mar;

b = calor del agua en los mismos lugares;

c = el exponente;

e = 12 líneas;

d = calor del agua en un lugar cualquiera;

⁵⁰⁸ Carta 41 de Agosto 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.106.

$z =$ altura del barómetro en este lugar.

Razonando como anteriormente, obtendremos:

$$a \pm \frac{(b-d)c}{c} = z, \text{ con referencia a Popayán.}$$

$$a \pm \frac{(b-d)e}{c} = z, \text{ con referencia al mar.}^{509}$$

Y así, Caldas comunicó a Mutis la fórmula que había concebido y que, creía, le permitiría hallar la altura del barómetro en cualquier lugar (y de allí derivar la altitud sobre el nivel del mar de ese mismo lugar) a partir de conocer el punto de ebullición del agua en ese mismo punto y a nivel del mar y la altura del barómetro a nivel del mar y de combinar esos datos con el coeficiente descubierto de 0,974 grados Réaumur en correlación con su equivalente de 12 líneas (una pulgada) de altura de mercurio en el barómetro:

$$Z = a \pm \frac{12 (b - d)}{0,974}$$

En donde: Z = Lectura barométrica, expresada en pulgadas, del lugar cuya altitud sobre el nivel del mar se desea conocer (una vez obtenida, gracias a la fórmula, esta lectura indicadora de la presión atmosférica, bastaría con hacer la conversión entre pulgadas de barómetro y toesas de altitud para deducir la altura sobre el nivel del mar del lugar estudiado). a = Lectura, expresada en líneas, de la altura del mercurio en el barómetro al nivel de Popayán. b = Temperatura, expresada en grados Réaumur, del punto de ebullición del agua en Popayán. d = Temperatura, expresada en grados Réaumur, del punto de ebullición del agua en el lugar cuya altura sobre el nivel del mar se desea conocer.

Con el deseo de someter a prueba su fórmula hipsométrica, Caldas realizó observaciones en siete lugares diferentes cercanos a Popayán en los que midió la temperatura de ebullición del agua y, al aplicar la fórmula, derivó unos resultados que diferían en menos de 1,10 líneas del registro barométrico. De esta manera, Caldas creyó comprobar su teoría: bastaba medir la temperatura del agua hirviendo en un lugar para predecir la altura que alcanzaría el mercurio dentro del barómetro en ese mismo punto; es decir, a partir de la medición termométrica se podía conocer la presión atmosférica del lugar de la observación y, por ende, su altitud sobre el nivel del mar. He aquí la argumentación de Caldas y la tabla obtenida:

“Siguiendo estos principios, he calculado las alturas del barómetro correspondientes a los lugares en que he observado el calor del agua, como llevo referido, y de otros en que lo observé durante mi regreso a Popayán. La tabla siguiente representa de una ojeada los lugares, calor del agua en la escala de Reaumur y de Fahrenheit, las alturas del barómetro observadas, y las mismas calculadas por el calor del agua, con las diferencias entre unas y otras:”⁵¹⁰

⁵⁰⁹ Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro. pp.164-165.

⁵¹⁰ Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro. p.165.

LUGARES	Calor del agua		Alturas del barómetro observadas	Alturas del barómetro calculadas por el calor del agua		Diferencias
	T. Reaumur	T. Fahrenheit				
Popayán	75 ^o .65	202 ^o .21	22 ^p 11 ^s .2			
Juntas	74 ^o .50	199 ^o .62	21 ^p 9 ^l .0	21 ^p 9 ^l .04		+ 0 ^l .04
Paispamba	73 ^o .50	197 ^o .37	20 ^p 9 ^l .1	20 ^p 8 ^l .72		- 0 ^l .38
Sombreros	72 ^o .40	194 ^o .90	19 ^p 6 ^l .05	19 ^p 7 ^l .15		+ 1 ^l .10
Tambores	71 ^o .75	193 ^o .43	18 ^p 11 ^l .6	18 ^p 11 ^l .15		- 0 ^l .45
Estrellas	73 ^o .30	196 ^o .87	20 ^p 7 ^l .0	20 ^p 6 ^l .25		- 0 ^l .75
Poblazón	74 ^o .30	199 ^o .17	21 ^p 6 ^l .9	21 ^p 6 ^l .59		- 0 ^l .31
Buenavista	73 ^o .80	197 ^o .05	21 ^p 1 ^l .15	21 ^p 0 ^l .5		- 0 ^l .65

"511

Tras cotejar los resultados obtenidos en el barómetro sobre el terreno y los resultados calculados a partir de la aplicación de su fórmula, Caldas observó que los coeficientes hallados gracias a la fórmula se ajustaban bastante a las mediciones realizadas con el barómetro. Asumió entonces que había logrado su objetivo de matematizar a cabalidad la relación existente entre la temperatura del punto de ebullición del agua y la presión atmosférica y, por ende, con la altitud sobre el nivel del mar:

*"Siete observaciones del calor del agua, siete alturas del barómetro calculadas por ellas y comparadas con las observadas, que no difieren sino en cantidades que nuestros instrumentos no nos pueden indicar, que en seis no llega el error a una línea y en otra no pasa de 1l.1 anuncian un método seguro para medir las elevaciones de los lugares sin el auxilio del barómetro."*⁵¹²

No obstante estos promisorios resultados iniciales, Caldas estaba consciente de la necesidad de realizar muchas más pruebas pues unas pocas observaciones realizadas en un ámbito local y en entornos similares en clima y topografía a Popayán (con alturas que oscilan aproximadamente entre 1760 m.s.n.m. y 3000 m.s.n.m.) no eran suficientes para dar validez universal a su fórmula hipsométrica.

Y fue así como Caldas, asumiendo una actitud científica y analítica, entendió que su formulación matemática del principio termométrico de la hipsometría exigía un análisis más detenido y una base experimental más amplia; siendo consciente de estas limitaciones, Caldas decidió escribir nuevamente a Mutis en julio de 1802 (apenas tres meses después de haberle hecho llegar la copia manuscrita del *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*) para manifestarle su percepción de que el principio termométrico se encontraba aún en un estado incipiente y de que necesitaría mucho más tiempo, conocimientos y experiencias para llegar a una matematización impecable y de validez universal y que, por lo tanto, lo más prudente era postergar cualquier intento de divulgación y publicación hasta que no se llevase

⁵¹¹ Tratando de clarificar la tabla de mediciones realizada por Caldas (y dado que no es posible saber con exactitud la ubicación de varios de los puntos que menciona) téngase en cuenta que, en sistema métrico decimal y aproximadamente, Popayán se encuentra a una altura de 1760 m.s.n.m., Poblazón a 2420 m.s.n.m. y Paispamba a 2531 m.s.n.m. Imagen tomada de: *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro*. p.165.

⁵¹² *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro*. p.165.

a feliz término el arduo trabajo de observación y de conceptualización matemática que aún faltaba realizar:

“Muchas son las ideas, y muchas las observaciones que hay que añadir a la memoria sobre el método de medir las montañas por el termómetro. Yo deseara que usted suspendiera su remisión al señor Cavanilles⁵¹³ hasta haber concluido yo con mis operaciones en Quito y Guayaquil, y poder presentar de este modo una obra acabada digna de ponerse al frente el nombre ilustre de Mutis, y que hiciese honor a este sabio protector de los americanos y al discípulo suyo que las ha verificado. Creo que en más de seis y ocho meses podré poner en manos de usted el material, y toda la memoria, para que usted se digne corregirla, y ponerla en estado de ver la luz pública.”⁵¹⁴

Los meses en los que Caldas esperaba finalizar su puesta a punto del principio termométrico de la hipsometría se transformaron en años y la culminación del trabajo jamás llegó; quizá Caldas intuyó que su fórmula lineal fallaba al concebir la relación entre temperatura del punto de ebullición y presión barométrica de manera lineal sin contemplar la inclusión de funciones más complejas puesto que las conversaciones con Humboldt le habían dado una perspectiva real de la complejidad física y matemática del problema al que se enfrentaba. Esta insuficiencia de la fórmula de Caldas quedó patente cuando tiempo después, en mayo de 1804, realizó observaciones en la Provincia de Quito que arrojaron registros que desvirtuaban su fórmula y que lo llevaron a descubrir otros factores experimentales que no había tenido en cuenta y que podían alterar significativamente las mediciones:

“No quise dejar este lugar [Tagualó, en las cercanías al volcán Cotopaxi] sin hacer mis observaciones favoritas del calor del agua hirviendo a este nivel. Esta observación me ilustró verdaderamente sobre un punto bien interesante y que hasta esta época no me había ocurrido. Sumergí mi termómetro en un vaso que contenía el agua hirviendo, y al mismo tiempo hacía avivar el fuego con aventador: en estas circunstancias el mercurio se fijaba constantemente en 76°.5; pero cuando el agua hervía sin avivarle con el aventador adquiría más calor, y el licor subía a 76,9. Esta observación repetida muchas veces me hizo conocer que después de bien vivo el fuego y el hervor, debe dejarse en tranquilidad para que el agua adquiera todo el calor de que es capaz. El aire agitado sobre la superficie disminuye seguramente la presión y por consiguiente el calor. Sabemos que una corriente de aire hace bajar el barómetro; es pues evidente que el aventador disminuye la presión y el calor.”⁵¹⁵

⁵¹³ Caldas se refiere al naturalista y botánico español **Antonio José de Cavanilles** (1745-1804) quien entre los años de 1801 a 1804 se desempeñó como director del Real Jardín Botánico de Madrid y a quien Mutis debía remitir materiales e investigaciones que dieran cuenta del desarrollo de los trabajos de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada; por este motivo, Caldas pedía a Mutis suspender el envío de su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* para que no fuera dado a conocer aún en un estamento tan importante como el Real Jardín Botánico de Madrid.

⁵¹⁴ Carta 71 de Julio de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. p.202.

⁵¹⁵ CALDAS, Francisco José de. *Viaje al corazón de Barnuevo*. En: *Obras completas*. pp.437-498. p.449.

Así, el principio termométrico de la hipsometría que Caldas había descubierto a comienzos de 1801, matematizado poco después (aunque de manera insuficiente, como se ha visto) y puesto por escrito en abril de 1802 demostró una complejidad matemática desafiante: para julio de 1802, Caldas ya era consciente de que su matematización era insuficiente y por eso pidió a Mutis no comunicar a nadie el hallazgo mientras efectuaba más y mejores observaciones y se replanteaba la fórmula; en mayo de 1804, Caldas halló que el simple hecho de soplar la superficie de agua hirviendo disipando el vapor alteraba la medición termométrica significativamente e invalidaba la observación.

Sin embargo, el tema de la formulación matemática del principio termométrico de la hipsometría seguía siendo una prioridad para Caldas y así lo hizo saber a Mutis:

“Usted debe estar persuadido que la botánica hace mi primera ocupación; que las nivelaciones botánicas, el segundo; que la perfección de la memoria sobre el calor del agua, el tercero, y la carta del país, el cuarto, suplico a usted se desimpresione de cualesquiera otras ideas que se haya formado sobre mis trabajos. Si alguna vez me he distraído en otros objetos menos interesantes, ha sido por momentos pasajeros que no exigen ni tiempo ni fatiga.”⁵¹⁶

Y no obstante, el asunto fue quedando relegado: para 1805 Caldas abandonó Quito tras una residencia de cuatro años y regresó a Santafé en donde asumió la dirección del Real Observatorio y, en su nuevo cargo, se concentró en el trabajo astronómico y los estudios de botánica e hipsometría, que habían sido su mayor ocupación durante la residencia en Quito entre 1801 y 1805, pasaron a un segundo plano.

Y en los años siguientes vinieron otros asuntos y ocupaciones: la publicación del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* a partir de 1807, la muerte de Mutis en 1808 y el problema de su sucesión al frente de la Expedición Botánica. Sin embargo, Caldas mantuvo la esperanza de poder llevar a feliz término la conceptualización del principio termométrico de la hipsometría (tanto a nivel experimental como matemático); para el 18 de julio de 1809, escribió:

“Yo hallé, y después he comprobado muchas veces, un método para medir las montañas por medio del calor del agua hirviendo; descubrimiento que comuniqué al célebre Mutis, y que aprobó en todas sus partes. Ahora trabajo para darle a mi descubrimiento la última mano o el grado de perfección de que son capaces mis luces y mis fuerzas. Con este objeto he realizado medidas geométricas en los alrededores de esta capital [Santafé], y espero concluirlo dentro de pocos meses.”⁵¹⁷

⁵¹⁶ Carta 91 de Marzo 5 de 1804 dirigida a José Celestino Mutis. p.247.

⁵¹⁷ Informe al Virrey. En: *Obras completas*. pp.213-226. p.214.

Y en el mismo año de 1809, en noviembre 19 y 26 y en los números 46 y 47 del *Semanario del Nuevo Reino de Granada*, Caldas publicó su artículo titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá* en el que exponía y utilizaba la fórmula para la nivelación barométrica concebida por Pierre-Simon Laplace que, si bien no se ocupaba del punto de ebullición del agua en relación a la altitud, con sus funciones logarítmicas y trigonométricas y con la inclusión de factores tales como la latitud y la temperatura ambiental, probablemente hizo ver aún más claramente a Caldas la insuficiencia de la fórmula lineal con la que él había tratado de matematizar la relación entre la temperatura del agua en ebullición y la presión atmosférica siete años antes.

Y puede afirmarse que al asunto terminó allí pues en 1810 se inició el movimiento independentista y el reino se hundió en un estado de anarquía y guerra civil que forzó a Caldas a dejar Santafé y a abandonar sus trabajos científicos.

Para 1819, tres años después de la muerte Caldas, su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* fue publicado en Burdeos y pasó completamente desapercibido en los círculos académicos y científicos tanto europeos como americanos. Y el principio termométrico de la hipsometría, el bello y meritorio descubrimiento en el que Caldas cifró sus esperanzas de ser reconocido y de inscribir su nombre en los anales de la ciencia moderna, se perdió en el olvido pues ya otros científicos europeos, contemporáneos de Caldas, estaban trabajando sobre la relación entre presión atmosférica y temperatura del agua hirviendo y fueron sus escritos y fórmulas los que finalmente fueron reconocidos e integrados por la comunidad científica transcontinental.

8.3 - El principio termométrico de la hipsometría en el contexto de la ciencia europea.

Tras recorrer la vida y obra de Francisco José de Caldas es necesario reconocer – más allá de cualquier intención fetichista o apologética - la validez de su descubrimiento autónomo del principio termométrico de la hipsometría.

Resulta innegable que Caldas, recorriendo el solitario camino de la formación autodidacta, llegó a comprender a cabalidad la correlación física existente entre la temperatura del punto de ebullición del agua y la presión atmosférica (dependiente a su vez de la altitud sobre el nivel del mar) y que trató de matematizar ese fenómeno natural apoyándose, primero, en sus observaciones y, segundo, en sus modestos conocimientos matemáticos que no le alcanzaron para concebir una fórmula algebraica compleja que, a partir del uso de funciones logarítmicas, exponenciales y/o trigonométricas, lograrse describir el fenómeno con precisión y validez universal para cualquier altura más allá del ámbito - circunscrito a ciertas altitudes - de los Andes neogranadinos y quiteños.

Sin embargo, es preciso reconocer también que esa correlación entre presión atmosférica y punto de ebullición del agua ya era conocida por los científicos europeos que, desde los campos de la física, la

topografía y la meteorología, habían estudiado los fenómenos relativos a la presión atmosférica, las mediciones barométricas y la altura sobre el nivel del mar.⁵¹⁸

Y, entonces, ¿qué descubrió Caldas en realidad?; en sentido estricto, le corresponde el mérito de haber llegado a ‘descubrir’ por sus propios medios algo ya sabido o, en otras palabras, resulta sorprendente que, dado el aislamiento geográfico e intelectual del entorno colonial y las dificultades materiales y culturales que tuvo que superar para lograr dedicarse a las ciencias, llegase a intuir un principio físico complejo y sutil. Y, más que la relación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica, se le puede adjudicar el haber intuido que el termómetro sumergido en agua hirviendo podría servir para calcular altitudes en la medida en que se anexara al instrumento una escala alterna de equivalencias barométricas:

“Con esto ¿no son ya en una buena parte inútiles los barómetros, y a un viajero no le será ya un peso incómodo? Cuanto más fácil y cómodo es transportar un termómetro respecto de un barómetro, tanto le hace ventajas mi método al antiguo. ¿No es cosa asombrosa que una idea tan clara, tan sencilla, tan segura, no se haya presentado todavía a los físicos europeos?”⁵¹⁹

En otras palabras, Caldas descubrió que si se sabe a cuántos grados hierve el agua en un lugar se puede calcular (con una simple tabla de equivalencias) cuál es la presión atmosférica en ese mismo punto geográfico y, con este dato, es posible saber la altitud sobre el nivel del mar del lugar donde se realiza la medición. Basta con sumergir un termómetro en agua hirviendo para conocer la presión atmosférica y la altitud sobre el nivel del mar de un lugar y, por lo tanto, el barómetro no es necesario.

Pero este descubrimiento hecho por Caldas en solitario en las montañas andinas del Nuevo Reino de Granada en 1801 no tuvo ninguna trascendencia ni en el entorno académico regional ni en el ámbito científico transcontinental porque Caldas nunca logró trascender más allá de las estrechas fronteras ideológicas del mundo colonial.

Puesto que la ciencia es una construcción social que se edifica a partir del intercambio de ideas y saberes, la figura y obra de Caldas quedó por completo excluida de la tradición académica europea y de la historia de la ciencia ‘oficial’ aunque sus trabajos sobre el tema de la hipsometría y de la fitogeografía eran tan interesantes y valiosos como los más depurados trabajos de cualquier científico europeo del siglo XVIII y hubieran, sin duda, aportado mucho a los debates contemporáneos de los científicos y naturalistas europeos (como en efecto aportaron mucho a los trabajos de Humboldt sobre la naturaleza y las condiciones físicas de los Andes).

Todas las investigaciones que en Europa se realizaron sobre el tema de la hipsometría, y la relación entre medidas barométricas y termométricas, comenzaron, transcurrieron y llegaron a término sin que en ningún momento se incluyera en el panorama de análisis los meritorios trabajos y hallazgos que Caldas realizó sobre ese mismo tema en el entorno andino que, como descubrieron los científicos

⁵¹⁸ Véase: ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*. pp.130-135.

⁵¹⁹ *Carta 37 de Junio 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo*. p.90.

integrantes de la *Misión geodésica francesa*, resultaba un territorio idóneo para este tipo de investigaciones dado el enorme espectro de alturas y la carencia de estaciones.

Para el caso puntual de la relación entre la presión atmosférica y el punto de ebullición del agua, ya desde 1724 en un breve artículo publicado en las prestigiosas *Philosophical Transactions of the Royal Society* por el científico polaco Daniel Gabriel Fahrenheit,⁵²⁰ bajo el título de "*Barometri novi descriptio*",⁵²¹ se daba cuenta del fenómeno y se planteaba la posibilidad de realizar mediciones barométricas (indicadoras de la presión atmosférica y, por ende, también de la altitud sobre el nivel del mar) a partir del uso del termómetro integrado a un mecanismo que podría ser considerado como el primer hipsómetro de la historia (la misma idea a la que Caldas llegó 77 años más tarde).

(179)
 VI. *Barometri novi descriptio*, a D. G. Fahrenheit, R. S. S.

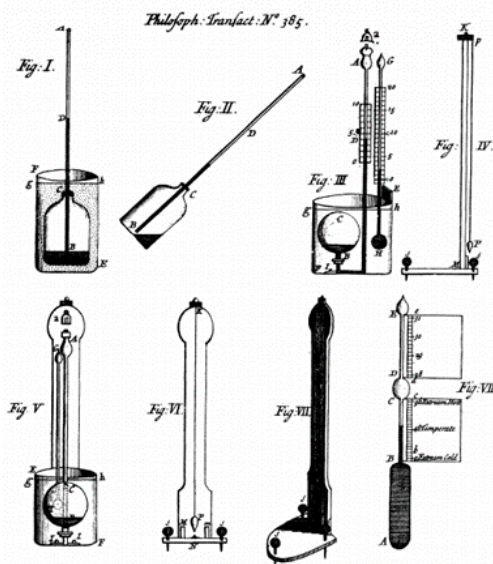
IN recensioe experimentorum nonnullorum circa ebulitionem quorundam liquorum a me factorum mentionem feci, gradum caloris aquae ebullientis termino tunc memorato, 212. nempe grauum coeceri; postea variis observationibus atque experimentis edoctus sum terminum hunc, manente eadem atmosphaera gravitate, satis fixum esse, sed variante gravitate atmosphaerae hunc terminum quoque diversimode variari posse. Experimenta in hunc scopum jam facta nunc quidem traderem, sed quoniam adhuc de certis circumstantiis edoctus esse velim, hinc recensioem illorum usque in aliud tempus reponam, & interea solummodo thermometri alicujus mentionem faciam, quod forsitan si non magis, tamen aequè idoneum erit ad explorandam atmosphaerae gravitatem, quam barometrum. Hujus delineatio in Figura VIII. est apposita.

Cylindro A B annectitur tubus B C, cui additur globulus oblongus C D, & huic tubulus gracillimo foraminis praeditus D E. Cylindrus liquore quodam, qui calorem aquae ebullientis perferre potest, replebitur. In tubulo B C, gradus caloris in aere obvisi mensurabuntur ope scale affixae & c. Si autem thermometrum hocce aquae bullientis imponatur, liquor thermometri non solum globulum C D implebit, sed etiam usque ad terminos varios tubuli D E assurgit, secundum gradum caloris, quem aqua tempore experimenti a gravitate atmosphaerae acquiritura est. Ita, si, exempli gratia, tempore experimenti altitudo mercurii in barometro sit 28 pollicum Londinensium, liquor in hocce thermometro attinget

(180)
 infimum locum in tubulo D E; Si vero gravitas atmosphaerae aequipolleat altitudini mercurii triginta & unius pollicum, liquor a calore aquae ebullientis usque ad locum supremum tubuli D E attolletur, termini varii autem caloris aquae ebullientis non gradibus, sed illorum loco numeris digitorum, quibus altitudo mercurii in barometris vulgo mensuratur, ope nempe scale ad dote de notabuntur.

VII. *Observatio Lunaris Eclipsis habita* Ulyssipone in Palatio Regio Die 1. Novembris 1724. A PP. Joanne Baptista Carbone, & Dominico Capasso, Soc. Jesu. Communicante Excellentissimo Domino, D^{no} de Galvaon, Commendatore Villae Meam & Francæ, Equ. Ord. Christ. Legato Sereniss. Reg. Portugall. ad Sereniss. Regem Magn. Brian. S. R. S.

Observavimus hanc Eclipsam Telecopiis, altero quidem Pedum Parisinorum 8. sed clarissimo, altero 10. sed minus claro: utroque tamen lunares maculae perfectissime discernebantur. Ad temporis dimensionem usi sumus Horologio oscillatorio, vulgo *Pendula*, satis exacto, pluribus ante diebus in ipso observationis loco firmato, & quotidiano examine per meridianam lineam, ibidem a nobis jandiu inventam, & pluries examinatum, ad medium Solis motum quam proxime reducto. Nocte vero ipsius Eclipsis ter illud ad trutinam revocavimus, ut ejus a vero tempore discordiam deprehenderemus. Primo in transitu *Fonabantis* per Meridianum, Hor. 8. M. 17. Sec. 18. Secundo in transitu *Rigel* seu *Pedis Lucidi Orionis*, Hor. 2. M. 35. Sec. 21. Ter-



Transcripción completa del artículo titulado "*Barometri novi descriptio*" de 1724 de autoría de Daniel Gabriel Fahrenheit y en las que se aprecia el primer diseño del aparato que más adelante sería conocido como *hipsómetro*.⁵²²

Los planteamientos de Fahrenheit fueron comprobados años más tarde por las investigaciones y experimentos del geólogo y meteorólogo suizo Jean-André Deluc⁵²³ quien aplicó el uso del barómetro para la determinación de alturas sobre el nivel del mar y llegó a establecer que una variación de una línea del mercurio en el barómetro equivalía, sobre la escala de temperatura de un termómetro sumergido en agua hirviendo (y que hubiera sido sellado en el momento de su fabricación en un lugar cuya presión atmosférica correspondiera a una lectura de 30 pulgadas inglesas de altura de

⁵²⁰ Para mayores referencias biográficas, véase nota al pie número 240.

⁵²¹ FAHRENHEIT, Daniel Gabriel. "*Barometri novi descriptio*". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 33. January 1, 1724. London. pp.179-180. La digitalización del original se encuentra disponible para su consulta en: https://archive.org/details/paper-doi-10_1098_rstl_1724_0041/mode/2up [Consultado en Octubre 23 de 2019]

⁵²² Imagen tomada de: https://archive.org/details/paper-doi-10_1098_rstl_1724_0041/page/n1/mode/2up [Consultado en Octubre 23 de 2019]

⁵²³ Como síntesis biográfica, véase nota al pie número 428.

mercurio en el barómetro),⁵²⁴ a la mil ciento treinta y cuatroava parte de la distancia comprendida entre el punto de congelación del agua y su punto de ebullición; en otras palabras, un descenso o un aumento de una línea del mercurio en el barómetro implicaría un aumento o descenso del punto de ebullición del agua equivalente a 0,16 grados Fahrenheit⁵²⁵ y sin embargo reconocía (al igual que Caldas) que esta proporción lineal tendía a alterarse si se producían grandes cambios de altitud. Es interesante anotar que Deluc llegó a estas conclusiones en el año de 1784 en su tratado titulado *Recherches sur les modifications de l'atmosphere*⁵²⁶ y que Caldas, para 1801, en un principio asumió, de manera equivocada y desde sus observaciones en la altura de Popayán y puntos cercanos, que su fórmula lineal para el cálculo de medidas barométricas a partir del grado de temperatura del punto de ebullición del agua funcionaría incluso para alturas muy altas o muy bajas en relación al nivel del mar.

Para el año de 1779, el matemático y astrónomo inglés George Schuckburgh,⁵²⁷ en un artículo titulado "*On the Variation of the Temperature of boiling water*"⁵²⁸ profundizó en el tema de la correlación entre medidas barométricas y termométricas y refinó las apreciaciones de Deluc; consciente de que la relación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica no podía matematizarse en una relación lineal no avanzó más en el asunto pero sí describió el instrumento que había utilizado para sus observaciones y que, para el caso, es otro tipo de hipsómetro (aparte del ya propuesto por Fahrenheit).

Las investigaciones sobre el tema, en el contexto de la ciencia europea, continuaron con los trabajos del físico y reverendo Francis John Hyde Wollaston⁵²⁹ quien, en dos artículos publicados en las *Philosophical Transactions of the Royal Society* en 1817 y en 1820 bajo los títulos de "*Description of a Thermometrical Barometer for Measuring Altitudes*"⁵³⁰ y de "*On the Measurement of Snowdon by the Thermometrical Barometer*"⁵³¹ describía la manera como había llegado a fabricar un aparato que consistía en un termómetro a cuya escala de temperatura había anexado una escala de

⁵²⁴ O, en términos más sencillos, en un termómetro que hubiese sido sellado a una altura muy próxima a la del nivel del mar.

⁵²⁵ Extendiendo esta proporción, se obtiene que 1 pulgada de variación en el barómetro implica una diferencia de 1,91 °F en el punto de ebullición del agua.

⁵²⁶ DE LUC, Jean-André. *Recherches sur les modifications de l'atmosphere*. 4 volúmenes. París. 1784. El tomo cuarto incluye un apartado específico sobre el tema del agua hirviendo en relación a la presión atmosférica titulado *Recherches sur la variation de la chaleur de l'eau bouillante*. pp.51-285.

⁵²⁷ **George Augustus William Shuckburgh-Evelyn** (1751-1804) fue un astrónomo y matemático inglés cuyos principales trabajos científicos se ocuparon del cálculo de efemérides astronómicas, estadísticas económicas y, en el campo de la meteorología, estudió (al igual que Caldas) las variaciones en el punto de ebullición del agua en relación a la presión atmosférica. Sobre sus aportes en este campo, véase: PEARN, John. "Sir George Shuckburgh Evelyn (1751-1804): precision in thermometry". En: *Journal of Medical Biography*. Volume 20. Issue 1. 2012. pp.42-46.

⁵²⁸ SCHUCKBURGH, George. "*On the Variation of the Temperature of boiling water*". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 69. January 1, 1779. London. pp.535-540. [Consultado en Octubre 23 de 2019]

⁵²⁹ **Francis John Hyde Wollaston** (1762-1823) fue un científico y religioso inglés que se desempeñó como profesor en la Universidad de Cambridge.

⁵³⁰ WOLLASTON, F.J.H. "*Description of a Thermometrical Barometer for Measuring Altitudes*". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 107. January 1, 1817. London. pp.183-196. [Consultado en Octubre 23 de 2019]

⁵³¹ WOLLASTON, F.J.H. "*On the measurement of Snowdon by the thermometrical barometer*". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 110. January 1, 1820. London. pp.295-305. [Consultado en Octubre 23 de 2019]

correspondencias termométricas⁵³² (si bien reconocía que la idea no era nueva pues ya Farenheit había propuesto un aparato similar en su artículo titulado “*Barometri novi descriptio*” en 1724):

“I constructed several very sensible thermometers, for the purpose of ascertaining these variations with minuteness, and have been led on by my observations into making an instrument, which I believe may be useful in measuring heights with greater accuracy and convenience than the common barometer.”⁵³³

measurement of Snowdon by the Thermometrical Barometer. 299

TABLE II. For converting observed differences on the Scale of the particular Thermometrical Barometer into feet of elevation.

Fahrenheit.	Parts on the Scale of the Thermometrical Barometer.	Height in feet.	Correspondent point of Barometer nearly.
213	300	702	30,8
	225	528	,6
	200	469	,54
212	100	235	,27
	0	0	30,0
	100	236	29,73
211	200	472	,46
	225	531	,4
	300	709	29,2
210	400	946	28,92
	450	1064	,8
	500	1184	,65
	600	1422	,4
209	675	1600	,2
	700	1660	28,1
	800	1899	27,85
208	900	2138	
	1000	2378	
	1100	2618	
207	1125	2678	
	1200	2859	
	1300	3100	
206	1350	3221	
	1400	3341	
	1500	3583	
	1575	3766	
205	1600	3826	
	1700	4069	
	1800	4313	
	1900	4556	
204	2000	4800	
	2025	4863	
	2100	5045	
	2200	5290	
203	2250	5415	24,37

A simple proportion applies this Table to the use of any other thermometrical barometer of greater or less sensibility.

Tabla que relaciona la altitud en pies sobre el nivel del mar de un lugar con la lectura barométrica equivalente señalada en el *Thermometrical barometer* (‘Barómetro termométrico’) ideado por Francis John Hyde Wollaston.⁵³⁴

⁵³² Este aparato propuesto por Wollaston era exacto en su concepción al termómetro modificado que Caldas había ideado en 1802 en su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*.

⁵³³ WOLLASTON, F.J.H. “*Description of a Thermometrical Barometer for Measuring Altitudes*”. p.183.

⁵³⁴ Tabla inserta en la página 299 del artículo de Wollaston titulado “*On the measurement of Snowdon by the thermometrical barometer*”. Véase la nota al pie número 531.

Además, el reverendo Wollaston también se percató - como lo hizo Caldas dieciséis años antes sin que pudiera hallar una explicación satisfactoria - que las lecturas termométricas (hechas en el instrumento modificado con la escala barométrica anexa) se alteraban si se soplabá, o había viento, sobre la superficie del agua en ebullición; puesto que esta alteración se genera porque el viento (o el soplo del instrumentista) afecta la tensión del vapor del agua que se encuentra justo sobre el líquido hirviente, Wollaston integró en sus trabajos la fórmula para la tensión del vapor del agua hirviendo ideada en 1818 por el físico escocés Andrew Ure⁵³⁵ y eso le permitió, en el artículo de 1820, incluir registros y tablas de medición en las que se encuentran correlaciones entre el punto de ebullición del agua expresado en grados Fahrenheit, la correspondencia barométrica de esa temperatura leída en su *Thermometrical Barometer* ('barómetro termométrico'), la altitud en pies sobre el nivel del mar correspondiente a esa presión barométrica y la lectura equivalente en un barómetro tradicional.⁵³⁶

Finalmente, fue el científico francés Henri Víctor Regnault (1810-1878)⁵³⁷ quién profundizó en la composición de tablas sobre la tensión del vapor del agua hirviente y diseñó y construyó un instrumento al que nombró *hipsómetro* y que servía para calcular la presión barométrica (y por ende la altitud de las montañas sobre el nivel del mar) con base en la medición termométrica del punto de ebullición del agua en un lugar determinado.

Igualmente, la fórmula ideada en 1816 por el físico francés Jean Biot⁵³⁸ para calcular la tensión del vapor del agua hirviente⁵³⁹ fue tomada como pauta para la fabricación de hipsómetros a partir de la invención del aparato por parte de Regnault y luego, a lo largo del siglo XIX, se propusieron otras dos fórmulas para calcular la diferencia de altitud entre dos puntos a partir de la temperatura del

Imagen tomada de: https://www.jstor.org/stable/pdf/107560.pdf?ab_segments=0%252Fbasic. [Consultado en Mayo 19 de 2020]

⁵³⁵ **Andrew Ure** (1778-1857) fue un físico, geólogo y químico escocés que también ejerció como médico; llegó a ser miembro de la prestigiosa Royal Society. En un artículo publicado en 1818 en el Volumen 108 de las *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (pp.338-395) bajo el título de "*New experimental researches on some of the leading doctrines of caloric; particularly on the relation between the elasticity, temperature, and latent heat of different vapours; and on thermometric admeasurement and capacity*" describió en detalle sus experimentos en relación a la tensión del vapor del agua hirviente y planteó la fórmula que poco tiempo después Wollaston integró en sus propias mediciones y tablas.

⁵³⁶ Wollaston fue el primer científico en tener en cuenta en sus experimentos y mediciones (y en la fabricación de instrumentos hipsométricos) las tablas de tensión del vapor del agua hirviente.

⁵³⁷ **Henri Víctor Regnault** (1810-1878) fue un destacado físico y químico francés cuyos trabajos más relevantes se dieron en el estudio de las propiedades térmicas de los gases y por ello es considerado uno de los pioneros de la termodinámica moderna; estas investigaciones sobre los gases y sus propiedades físicas y químicas lo llevaron a diseñar y fabricar termómetros, higrómetros, calorímetros e hipsómetros. Aficionado a la fotografía, utilizó sus conocimientos químicos para realizar mejoras en cuanto al revelado y fijación de las imágenes y fue uno de los fundadores de la *Société Française de Photographie* en 1854. Como aproximación a su vida y obra, véase: PONCET, Sébastien. DAHLBERG, Laurie. "*The legacy of Henri Victor Regnault in the arts and sciences*". En: *International Journal of Arts and Sciences*, Volume 4, Issue 13, 2011. pp.377-400.

⁵³⁸ Como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 432.

⁵³⁹ Esta fórmula expresada como: $\text{Log } F(n) = \text{Log } 30 + an + bn + c^3$ (siendo n el número de intervalos de 10 °F entre las dos temperaturas de referencia cuya altura se desea evaluar y las letras siguientes constantes equivalentes a: $a = -0,01537419550$, $b = -0,00006742735$ y $c = 0,00000003381$) se encuentra en: BIOT, J.B. *Traité de physique expérimentale et mathématique*. Deterville Libraire. París. 1816. 4 volúmenes. Tomo I. Capítulo XIII. pp.273-274. Disponible en: <https://archive.org/details/traitdephysiquee01biot/page/n8/mode/2up> [Consultada en Marzo 27 14 de 2020]

punto de ebullición del agua derivadas de la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace: la del químico suizo Jacques-Louis Soret⁵⁴⁰ y la del físico escocés James David Forbes.⁵⁴¹

$$\text{Fórmula de Soret: } h = 295 (100 - t)$$

$$\text{Fórmula de Forbes: } h = 300 (t' - T)$$

En donde h es la diferencia, medida en metros, entre los dos lugares cuya altura se desea calcular; t expresa (en la fórmula de Soret) la temperatura del punto de ebullición del agua en grados centígrados de uno de los lugares y la expresión (t' - T) representa (en la fórmula de Forbes) la diferencia de temperaturas del agua hirviendo entre los dos lugares a evaluar.

Y fue así como durante los siglos XVIII y XIX y desde los campos de la física, la meteorología y la topografía, avanzó la comprensión del fenómeno de la relación entre la temperatura del punto de ebullición del agua y la presión atmosférica (y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar).

Como resulta notorio tras repasar a grandes rasgos el proceso histórico y técnico que llevó a la comprensión de la correlación entre estos factores físicos, el trabajo de Caldas, si se hubiera conocido y compartido a través de las publicaciones científicas adecuadas y del entorno académico idóneo, era tan meritorio como el de cualquiera de los científicos mencionados y bien hubiera podido aportar elementos importantes a la investigación en la medida en que, entre todos los autores mencionados, Caldas fue el único que realizó trabajos hipsométricos serios sobre la correlación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica en el entorno andino que, posiblemente, resultaba el mejor lugar del planeta para realizar ese tipo de observaciones en razón de la estabilidad climática a lo largo del año (dada la ausencia de estaciones) y el gran espectro de alturas asequibles (de los 0 metros de altitud de la costa pacífica a los 6263 metros de altura del volcán Chimborazo); no obstante, al final queda la imagen de que la historia de la hipsometría, con sus interrogantes, vericuetos y hallazgos, pasó de largo sobre las naciones súbditas de los imperios coloniales dejando a Caldas sumido en el olvido de los anales de la ciencia ilustrada europea y en la oscuridad del aislamiento cultural que jamás pudo superar y que tan frustrante le resultó siempre.

⁵⁴⁰ **Jacques-Louis Soret** (1827-1890) fue un químico suizo reconocido como el descubridor del elemento llamado Holmio y también fue el primero en reconocer la estructura físico química del ozono atmosférico (compuesto por el enlace de tres átomos de oxígeno).

⁵⁴¹ **James David Forbes** (1809-1868) fue un físico y geólogo escocés, miembro de la Royal Society, que estudió fenómenos como las propiedades del calor y, en geología, las características de los glaciares y los terremotos siendo considerado como el inventor del sismógrafo en el año de 1842.

Cuarta Parte.

El tránsito hacia el sistema métrico decimal en los trabajos hipsométricos de Caldas.

Interpretaciones y perspectivas.

Capítulo 9.

El espíritu cuantitativo de la ciencia moderna.

“El sistema métrico fue rodeado de un culto particular. Racional, perfecto en su racional claridad, obra de la mente humana, libre de prejuicios y tradiciones, bueno para todos. Perfecto. Sólo se debía educar a la gente para que comprendiera esa perfección.”

Las medidas y los hombres. Witold Kula.⁵⁴²

9.1 - La ciencia moderna en busca de la exactitud: el énfasis en la precisión, la medida y la cuantificación.

La Ilustración - entendida más como una actitud espiritual y filosófica de indagación sobre el universo, el hombre y la naturaleza, que como un catálogo definido de libros y autores con sus respectivas tesis -, marcó un punto de inflexión en relación a lo que podríamos definir como el nacimiento del mundo moderno pues trazó nuevas perspectivas ideológicas que terminaron por transformar campos tan variados y determinantes como la filosofía, la moral, la política y, por supuesto, las ciencias.

Si nos concentramos en la historia de la ciencia, el siglo XVIII, como ‘siglo ilustrado’ por excelencia, significó un momento de tránsito entre la entronización de la ciencia moderna newtoniana y el surgimiento de prácticas y saberes que terminaron exigiendo y recibiendo carta de autenticación como disciplinas científicas legítimas y autónomas.

Si tomamos como referencia la publicación de los *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Principios matemáticos de la Filosofía natural*) de Sir Isaac Newton en el año de 1687, verdadero culmen de lo que tradicionalmente se ha llamado dentro de la historiografía de la ciencia la ‘Revolución científica’, obra de culto y, si se quiere, piedra fundacional de lo que convencionalmente podemos definir como la ‘ciencia moderna’ veremos que, a partir de su aparición y consagración como obra científica por excelencia, la aproximación científica a la naturaleza a través de la instrumentalización matemática se vio privilegiada como camino ‘verdadero’ para acceder a las verdades inteligibles que yacían en lo profundo del cosmos y que, finalmente, siguiendo el ejemplo de Newton, se podían concebir como relaciones matemáticas expresadas en ecuaciones.

Para el historiador de la ciencia, estudioso de la gran aventura intelectual de la humanidad, son recurrentes, una y otra vez, las célebres palabras de Galileo que, de hecho, han actuado como lema epistemológico de la ciencia moderna:

“La filosofia è scritta in questo grandissimo libro, che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l’universo), ma non si può intendere se prima non s’impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri,

⁵⁴² KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Siglo Veintiuno Editores. Madrid. 1980. 2. p.15.

ne quali è scritto. Egli è scritto in lingua matemática, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne unamento parole"⁵⁴³

Así, el siglo XVIII presenció el advenimiento de disciplinas y científicos que, siguiendo el ejemplo de Galileo, Descartes y Newton, se consagraron a observar los fenómenos de la naturaleza describiéndolos científicamente para luego cuantificarlos y matematizarlos y, una vez transformados en cifras, sobre ellos construir hipótesis que se pudiesen validar o desechar en experimentos meticulosamente planeados para, finalmente, obtener teorías que fuesen capaces de explicar los fenómenos observados y predecir su comportamiento.

Disciplinas como la física (instaurada ahora como ciencia independiente desligada de la filosofía y la metafísica) y la química (hija directa de la magia y de la alquimia) muy pronto siguieron el camino de la cuantificación y la matematización buscando en el lenguaje de los números, las cifras y las cantidades, su carta de autenticación como ciencias maduras, inteligibles y sustentables. El científico francés Antoine-Laurent de Lavoisier,⁵⁴⁴ considerado el padre de la química moderna, expresó:

*"Pensamos únicamente por medio de palabras. Los lenguajes son auténticos métodos analíticos. El álgebra, que se adapta a este propósito en todas las maneras de expresión, de la manera más simple, más exacta y la mejor de todas, es al mismo tiempo un lenguaje y un método analítico. El arte de razonar no es nada más que un lenguaje bien organizado."*⁵⁴⁵

De esta manera, para el momento del tránsito entre los siglos XVII y XVIII, se había comprendido y asumido que las matemáticas podían ir mucho más allá de la simple aritmética y que tenían la capacidad de proyectarse en campos diversos como la química, la astronomía, la meteorología, la óptica, la medicina y la biología. El método matemático - entendido como un proceder lógico y consecuente que parte de axiomas y definiciones hasta llegar a la construcción de teoremas y a la prueba irrefutable de las proposiciones descubiertas - no quedaba por tanto restringido exclusivamente al ámbito particular de las matemáticas mismas. Surgió entonces un interés renovado

⁵⁴³ GALILEI, Galileo. *Il Saggiatore*. 1621. En: *Opere*. G. Barbèra Editore. Firenze. Nuova ristampa della edizione nazionale. 20 Volúmenes publicados en 21 Tomos. 1968. Tomo VI. p.232. *"La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo; pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas sin las cuales es imposible entender ni una palabra."* La traducción de la cita proviene de: GALILEI, Galileo. *El Ensayador*. Editorial Sarpe. Madrid. 1984. p.61.

⁵⁴⁴ **Antoine-Laurent de Lavoisier** (1743-1794) quien es considerado tradicionalmente como el 'padre de la química moderna', fue un destacado científico y político francés. Estudió temas diversos como la combustión, el calor y las propiedades del aire. Entre sus obras se cuentan los *Opuscules physiques et chimiques* y el *Traité élémentaire*. Murió decapitado durante el llamado 'reinado del terror' que siguió a la Revolución francesa.

⁵⁴⁵ Citado en: BROCK, William. *Historia de la Química*. Alianza Editorial. Madrid. 1998. 3. p.115.

en relación a la *precisión* y, en consecuencia, las ciencias del momento empezaron a hacer énfasis en la *medida* y la *exactitud*.⁵⁴⁶

Para finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX - la época en que se enmarca la vida y obra de Francisco José de Caldas -, el interés y el énfasis en cuantificar los fenómenos y matematizarlos condujo a los científicos a alimentar una fijación casi obsesiva por la medida y la exactitud. El científico moderno, por excelencia (y sírvanos como ejemplo el mismo Caldas), es un observador sistemático de la naturaleza que dedica gran parte de su tiempo y esfuerzo a registrar observaciones y datos ordenándolos y clasificándolos para luego tratar de construir sobre ellos relaciones matemáticas inteligibles y coherentes que, en principio, denominamos ecuaciones y que, si logran probar su validez y consistencia al ser testeadas de manera contundente una y otra vez en nuevas observaciones y en experimentos cruciales, bien podemos utilizar para construir modelos, teorías y paradigmas.

Este procedimiento metodológico, que a su vez es un verdadero modelo epistemológico, ha funcionado exitosamente desde el siglo XVII y ha alcanzado probados y sorprendentes éxitos en campos tan diversos como la física, la biología, la genética, la geología, la astronomía, la medicina, la astrofísica, la botánica y cuantas otras disciplinas científicas se deseen mencionar.

Este afán de exactitud y de medida, que bien podemos denominar *espíritu cuantitativo*, no es algo surgido *per se* en los albores del pensamiento filosófico y científico ni tampoco es un elemento metodológico intrínsecamente ligado a la historia de la ciencia como tal pues, de hecho, durante siglos los 'científicos' - o, mejor, los *filósofos de la naturaleza* para evitar anacronismos - se ocuparon más de divagar sobre el cosmos y sus misterios (piénsense en los filósofos presocráticos, por ejemplo) o de hacer concordar los fenómenos naturales con teorías ya preconcebidas y establecidas *a priori* por el peso del dogma y la autoridad (como en el caso de los sabios-teólogos medievales que defendían modelos cosmológicos sin ocuparse del registro ni de la sistematización de observaciones celestes) que en observar los fenómenos, registrarlos meticulosamente y cuantificarlos con el objetivo final de tratar de desentrañar patrones y constantes presentes en estos fenómenos (transformados ahora en entidades matemáticas).

Al contrario, este *espíritu cuantitativo* puede rastrearse históricamente y es posible vislumbrar su aparición y su consagración a través de sus logros y éxitos: para los siglos XVII y XVIII, en el momento de gestación y consolidación de la ciencia moderna, los trabajos físicos de Galileo Galilei y de Isaac Newton - cuyas obras constituyen las piedras miliars del método científico - están contruidos sobre la práctica del medir, cuantificar, calcular y construir modelos matemáticos que logran explicar los fenómenos de la naturaleza y predecir su comportamiento. Este *espíritu cuantitativo* se consagró histórica y epistemológicamente como un verdadero bastión de la mentalidad científica pues para la

⁵⁴⁶ "Durante el siglo XVII las ciencias se desenvuelven por una vía segura: la interpretación matemática del fenómeno. Es, precisamente, lo que caracteriza la ciencia moderna. Las dos grandes tendencias, racionalista y empirista, expresan dos momentos de importancia en la actitud del hombre frente al cosmos. El empirismo proclama la experiencia como base de todo conocimiento, el racionalismo, al concebir la ciencia a través de los caracteres de necesidad y universalidad, pone de relieve aquellas estructuras invariables, mediante las cuales adquieren pleno sentido los fenómenos naturales." GARCÍA, Juan. *Historia de la Ciencia*. Ediciones Danae. Barcelona. 1970. p.293.

ciencia moderna no es concebible una ciencia - ninguna ciencia - sin observación, sin medida y, finalmente, sin cuantificación.⁵⁴⁷

Ahora bien, este interés por la medida y la cuantificación no se presenta como una abstracción metafísica o como una entelequia filosófica sino que se materializa en el mundo real gracias a la práctica cotidiana de la observación a través de instrumentos científicos cuidadosamente diseñados, contruidos e instalados, que puedan garantizar mediciones racionales y observaciones coherentes sobre el mundo y sus fenómenos. En último término, la cuantificación exige medida y exactitud y para medir y precisar es necesario disponer de *instrumentos científicos* y de *dispositivos mecánicos* que actúen como prolongación de nuestros sentidos y nos permitan superar, aunque sea parcialmente, las falencias e imprecisiones de nuestra percepción. Igualmente, toda observación cuantitativa exige, necesariamente, el asumir un *sistema de medición* que permita registrar las experiencias en términos coherentes y comunicables. *Medir*, en el fondo, es *traducir* los fenómenos de la naturaleza a datos cuantificables dentro de un sistema compartido de símbolos inteligibles construyendo así un lenguaje matemático-científico común que anhela ser universal y unívoco.

Es así como la cuantificación, ligada a la medida y al anhelo de exactitud, no sólo exige sino que también depende del uso de *instrumentos científicos* y de *sistemas de medición* y éstos terminan por jugar un papel protagónico y determinante al interior de toda la dinámica científica del observar para registrar, registrar para analizar y matematizar, y, finalmente, matematizar para descubrir patrones y construir teorías.

A partir de los siglos XVI y XVII (y gracias a grandes ‘filósofos de la naturaleza’ y ‘cuantificadores’ como Galileo, Newton y Laplace), la actividad práctica e intelectual que llamamos ciencia ya no puede presentarse como una disciplina meramente filosófica de reflexión sobre principios y causas (como lo fue para Aristóteles quizá) sino que, por el contrario, la ciencia se transforma en una dinámica de observación y registro, análisis y matematización, y todo este proceso se ve mediado por el uso intensivo de *instrumentos científicos* y de *sistemas de medición*.

El tránsito de una ciencia antigua y medieval teórica y apriorística, más filosófica que experimental, a una ciencia moderna empírica y observacional (nacida entre los siglos XVI y XVIII), constituye un hito histórico trascendental que va mucho más allá de una simple transformación epistemológica. La ciencia moderna transformó el mundo y la vida humana de manera radical y lo hizo a través de mediciones e instrumentos y esto no puede ser soslayado o ignorado pues las implicaciones se extienden mucho más allá del ámbito científico.

⁵⁴⁷ En relación a esta interesante disertación en torno al surgimiento histórico y filosófico del énfasis en la medida, el anhelo de exactitud y la importancia de la cuantificación, nos adherimos a los argumentos del académico John Lewis Heilbron, al afirmar: “*We believe that our thesis, that the later 18th century saw a rapid increase in the range and intensity of application of mathematical methods, is an important one. It amounts to specifying the time and surveying the routes by which what may be the quintessential form of modern thought first spread widely through society.*” [“*Creemos que nuestra tesis, de que a finales del siglo XVIII se vio un rápido aumento en el rango y en la intensidad de la aplicación de métodos matemáticos, es importante. Se trata de especificar el tiempo y estudiar las rutas por las cuales la que puede ser la forma por excelencia (la ‘quintaesencia’) del pensamiento moderno en un principio se extendió ampliamente a través de la sociedad.*”] Véase: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. University of California Press. Berkeley. 1990. Introductory Essay. pp.1-23. p.2.

Dentro del contexto de esta investigación, resulta muy interesante observar la manera como la figura de Francisco José de Caldas - en el Nuevo Reino de Granada y en las postrimerías del siglo XVIII y comienzos del XIX - y su descubrimiento independiente del principio termométrico de la hipsometría (realizado de manera completamente autónoma y autodidacta en lo que era, para el momento, la lejana periferia del 'mundo civilizado' y de los focos científicos de importancia) ilustra claramente este giro hacia el *espíritu cuantitativo* y este énfasis metodológico en la medida, el uso de instrumentos científicos y la exactitud.

Francisco José de Caldas, a pesar de su aislamiento geográfico y cultural, fue un testigo excepcional y un participante entusiasta de este proceso epistemológico que transformó a la ciencia y al pensamiento científico radicalmente. Lo que estaba en juego, en el caso de Caldas y su descubrimiento autónomo y autodidacta del principio termométrico de la hipsometría (que implicaba tanto un método matemático viable como un dispositivo de medición funcional y también el uso de un sistema de medición coherente), era mucho más que un avance anecdótico o un hallazgo casual sobre principios meteorológicos ya intuitivos previamente: lo que resulta valioso y relevante, en realidad, es observar cómo Caldas, desde la periferia lejana del entorno científico de la época y a pesar de las enormes dificultades materiales y culturales que lo agobiaron y limitaron al comienzo de su práctica científica (imposibilidad de adquirir instrumentos funcionales y exactos y la carencia casi total de libros científicos que le permitiesen instruirse y conocer lo que ya se sabía y lo que no en áreas como la botánica o la meteorología), supo participar de este ímpetu de la época y, sin saberlo ni ser reconocido por ello, fue un pionero en tierras incógnitas que supo encarnar a cabalidad este ideal del *espíritu cuantitativo* del siglo XVIII y de la ciencia ilustrada.

Así, puede identificarse claramente en Caldas ese espíritu de la cuantificación y ese anhelo de precisión en muchos apartes de su correspondencia personal en los que narra en detalle sus peripecias como observador y sus esfuerzos (no siempre afortunados) por lograr el registro preciso y válido de los fenómenos estudiados:

“Me preparé con todo el cuidado que pide este género de observaciones, tomé alturas correspondientes el 18, el 27 y el 28, arreglé mi péndola exactamente al tiempo verdadero, preparé todas mis cajas de telescopios, planisferio, coobservadores a Chomo⁵⁴⁸ y a don Antonio Arboleda:⁵⁴⁹ la noche comenzó clara y serena: se acerca el momento suspirado, y una densa nube me robó la luna, el cielo y la esperanza de sacar

⁵⁴⁸ Se trata de **Jerónimo Antonio Torres y Tenorio** (1771-1839) quien fue un abogado y político payanés; era hermano de Camilo Torres (1766-1816) y, por lo tanto, primo hermano de Caldas por parte de madre. Jerónimo, a quien Caldas nombraba siempre con el mote cariñoso de 'Chomo', fue amigo y compañero de estudios de Francisco José pero luego tuvieron una desavenencia familiar que hizo que ambos se enfrentaran, como abogados, en los tribunales de Quito por cuestiones de propiedades; este largo proceso legal fue el motivo por el cual Caldas abandonó Popayán y se desplazó a Quito en el año de 1801.

⁵⁴⁹ El ya mencionado **Antonio Arboleda Arraechea** (1770-1825). Antonio estuvo presente en la expedición al Volcán Puracé en 1799 en la que Caldas intuyó por primera vez la posible relación entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica y, en mayo de 1810, también fue 'apoderado especial' de Caldas en su matrimonio por poderes con María Manuela Barahona pues los novios se hallaban en lugares distantes: Caldas en Santafé y María Manuela en Popayán.

fruto alguno de un mes de preparativos y de trabajos. ¿Se acuerda usted del Gentil en Batavia?⁵⁵⁰ ¿Tiene presente el dolor de este astrónomo cuando vio frustradas sus fatigas y viaje al Oriente? Pues éste es mi retrato, y no puedo dar a usted idea más clara de la situación de mi espíritu en esos tristes momentos.

Para vengarme de este adverso suceso he digerido los cálculos de los eclipses de los cuatro satélites de Júpiter, y he comenzado con terquedad una serie de observaciones; hasta el día las nubes han triunfado de mis cuidados, y no he podido hacer nada de provecho. Si La Condamine dijo que Lima es el purgatorio de los astrónomos, yo digo que Popayán es el infierno de ellos. En fin, la estación bella se acerca y podré entonces salirme con mi intento.”⁵⁵¹

Esta laboriosa dedicación a observar y medir con el objetivo explícito de cuantificar los fenómenos para matematizarlos (hasta donde fuese posible) y así desentrañar los patrones ocultos en la naturaleza, hace de Caldas un participante fiel del espíritu científico ilustrado que encumbró el anhelo de exactitud como criterio definitivo a la hora de hacer ciencia. Las desafortunadas peripecias descritas en relación a la observación de un eclipse desde lo profundo de las montañas andinas - que a la larga son muy similares a los avatares que corrió Humboldt en el agreste Orinoco, o Darwin en las Galápagos, o el ya mencionado Le Gentil en su periplo índico - son resultado y, a la vez, síntoma, de varias falencias técnicas, instrumentales e ideológicas que caracterizaron los comienzos científicos de Caldas y que es importante tener en cuenta:

En primer lugar, los métodos de observación eran imprecisos y estaban sujetos a un sinfín de eventualidades que o bien dificultaban las observaciones (cuando no las imposibilitaban del todo) o falseaban los datos obtenidos. Siendo los registros observacionales la materia prima del análisis matemático y de toda construcción científica coherente, el proceso fallaba desde el comienzo pues las observaciones recogidas bien podían resultar aleatorias o caóticas. Piénsese, por ejemplo, en ciertos extractos de la correspondencia de Caldas⁵⁵² cuando comentaba que había hecho mediciones de

⁵⁵⁰ Caldas se refiere a las fallidas expediciones al Océano Índico del astrónomo francés **Guillaume Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de la Galaisière** (1725-1792) con el objetivo de observar el tránsito de Venus sobre el disco solar: el astrónomo partió de Francia con más de un año de anticipación, en 1760, para tratar de observar el fenómeno astronómico (que tendría lugar el 6 de Junio de 1761) desde el territorio costero cercano a la población de Pudukerry en el sureste de la India pero, cuando se aproximaba navegando a su destino, problemas políticos y militares entre Francia e Inglaterra le impidieron desembarcar y tuvo que presenciar el tránsito desde la embarcación sin poder realizar observaciones válidas debido al movimiento del barco en pleno mar. Puesto que los tránsitos de Venus se presentan emparejados en períodos de ocho años, Le Gentil decidió permanecer todo ese tiempo en la región para poder presenciar, desde el mismo territorio de Pudukerry, el tránsito siguiente que ocurriría el 3 de junio de 1769; en aquella ocasión logró desembarcar y preparar su equipo con más de un año de anticipación y los días previos al fenómeno estuvieron claros y despejados pero el día señalado el cielo estuvo cubierto de nubes y el astrónomo perdió la posibilidad de observar el tránsito por segunda y última vez en su vida. En total, Le Gentil estuvo más de once años fuera de Francia en donde le daban por muerto desde hacía mucho. Dejó constancia de sus aventuras en el libro titulado *Voyage dans les mers de l'Inde, fait par ordre du Roi, à l'occasion du passage de Vénus, sur le disque du Soleil, le 6 juin 1761 & le 3 du même mois 1769*. Los dos tránsitos siguientes de Venus tuvieron lugar en los años de 1874 y 1882 (más de ochenta años después de la muerte de Le Gentil quien jamás logró presenciar un tránsito de Venus a lo largo de su vida).

⁵⁵¹ Carta 34 de Abril 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.80-81.

⁵⁵² Todas las frases textuales que se citan a continuación se hallan en: Carta 33 de Marzo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.77-9.

temperatura en su habitación de Santafé y que había recogido “*tablas numerosas de sus indicaciones*” precisando “...*en el mayor calor, situado el instrumento [termómetro] en una sala con puertas y ventanas abiertas, y 0° en el mayor frío, a cielo raso, en las mañanas de verano, en que suele caer escarcha.*”; y luego anotaba que: “*Estos resultados, principalmente el primero, me parecen cortos, comparados con las elevaciones del mercurio en el barómetro y creo que la altura de la casa que habité y la separación de las demás haya contribuido a no darme el verdadero calor de la ciudad.*”; y terminaba pidiendo ayuda a su buen amigo Santiago Arroyo indicándole “*que haga muchas experiencias en él [termómetro], antes de nacer el sol por la mañana, dejándole en un pilar a cielo raso; y por la tarde dentro de su sala a las 3, con puertas y ventanas abiertas, con nota de lluvia, verano etc., del tiempo que haga.*”. Ciertamente, la precisión y fiabilidad de observaciones realizadas en condiciones tan imprecisas hacen que la cosa suena a disparate pero no debemos dudar, en modo alguno, de la capacidad de Caldas y de su meticulosidad extrema en el momento de realizar y consignar observaciones científicas (talento observacional que, como se vio en su momento, despertó la admiración y el cálido reconocimiento de Humboldt).

En segundo término, los sistemas de medición que se utilizaban en el momento (y sobre los cuales Caldas realizaba sus observaciones y cuantificaciones) resultaban ambiguos y equívocos y empezaban a resultar obsoletos. No existía aún una convención universal que estandarizara el lenguaje científico en lo relativo a las medidas de longitud, peso, volumen o temperatura y, por lo tanto, los datos se registraban de manera un tanto aleatoria y caótica apelando a diversos sistemas de medidas que en la práctica tendían a resultar incontrastables y sumamente confusos.⁵⁵³

Evidenciando esta multiplicidad de sistemas y esta confusa simultaneidad de parámetros, podemos citar, como ejemplo muy dicente e ilustrativo, este breve aparte de una carta de Caldas dirigida desde Quito a Santiago Arroyo, cuando, ya emocionado por la presencia de Humboldt en el territorio de la Nueva Granada, mencionaba:

“Arboleda me dice que ha sabido que el Barón aún se halla en Ibagué examinando una mina de azogue por comisión del Virrey, y así no lo aguardo aquí hasta enero.

*No olvide usted decirme de qué termómetro usó el Barón, o más bien, esos grados del calor del agua en Santafé y en Guadalupe, de qué escala son, porque sin esto no la puedo reducir a ninguna otra, y queda la noticia sin utilidad.”*⁵⁵⁴

⁵⁵³ “*Pero a comienzos de siglo XIX tenía poco sentido hablar de un sistema unificado de medidas en nuestro territorio. Las mediciones no eran ni uniformes ni homologables entre sí, y dependían de las unidades tradicionalmente empleadas por los distintos sectores de la población. Las observaciones de los eruditos criollos se expresaban indistintamente en distintas unidades del orden monárquico. Mutis y Caldas, por ejemplo, empleaban toesas y pies de Francia o varas de Burgos para medir alturas de montañas, pies y pulgadas para el ancho de los caminos, leguas para los largos trayectos, grados Fahrenheit, De Luc, o Réaumur para la temperatura o líneas de pulgada en la escala barométrica para la presión atmosférica o las variaciones meteorológicas de los lugares.*” ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas, matematización de la naturaleza y sentimiento telúrico*. Texto de la conferencia impartida en el Congreso Internacional del Bicentenario de Francisco José de Caldas. Universidad Autónoma de Manizales. 2016. p.12.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/315381278_Caldas_matematizacion_de_la_naturaleza_y_sentimiento_telurico p.12. [Consultado en Marzo 19 de 2019]

⁵⁵⁴ *Carta 49 de Noviembre 6 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo*. p.135.

En tercer lugar, este tortuoso panorama operacional en lo relativo a estándares y medidas se veía claramente reflejado en los instrumentos utilizados para realizar los registros observacionales pues, de manera evidente, los aparatos eran un fiel reflejo de los sistemas de medición usados y replicaban estos embrollos y confusiones de escalas, términos y patrones.⁵⁵⁵

Medidas tradicionales de clara ascendencia medieval como la legua real (longitud) o el celemín, el azumbre o la cántara (capacidad), o la caballería (superficie), o la fanega (peso), resultaban más idóneas para el trasegar de la vida cotidiana en las plazas de mercado o en los comercios y tabernas que para estructurar sobre ellas un cuidadoso andamiaje científico de cuantificación del mundo y matematización de la naturaleza.

Este caótico panorama de imprecisión, sistemas de medición confusos y caóticos y falencias instrumentales queda bien reflejado en los testimonios y avatares del mismo Francisco José de Caldas cuando, por ejemplo, escribía a su amigo Santiago Arroyo en 1801:

“El primer cuidado que ha de tener usted es poner el termómetro de que se va a hacer uso sobre una mesa; tomar un compás firme y de puntas bien finas, abrirlo el espacio de 10 grados y pasarlo sobre la graduación de Reaumur y observar si se ajusta con precisión en las divisiones 20, 30, 40, 50, etc., hasta 80. Si esto no sucede, es preciso reformar la escala del modo que diré en breve; y si estos números corresponden bien, entonces tenemos que descender a examinar los últimos 20 grados comprendidos entre 60 y 80, que son los, únicos que sirven en este género de operaciones. El examen se reduce a ver si están iguales: si lo están, no hallamos qué hacer en la graduación; pero si así éstos como los de las decenas están desiguales, como es muy probable, tenemos que comenzar la operación por tomar el espacio comprendido entre 0" y 80" y dividirlo en 8 partes iguales; tomar de éstas las dos últimas y dividir las en 20 partes iguales, que serán los grados; esto se hace sobre un trocito de papel que abraza poco más de 20 grados, fijado a la parte superior de la escala. Voy a hablar a usted sobre el modo de tomar la fracción.

Se hace formar a un carpintero una tablita de 2 pulgadas de ancho y de 8 o 4 de largo, con un grueso proporcional, y que no deje flexibilidad; se pega con cola un pliego de papel fino sobre ella, cuidando que quede sin arrugas; cuando esté seco se tira una línea fina por uno de sus lados más largos, se levanta en su extremidad una perpendicular; en ésta se ponen 10 partes de una magnitud arbitraria y proporcionadas a que quepan en el ancho de la tablita; en la línea primera se pasan 10 partes no arbitrarias, como en la primera, sino justamente iguales a 10 grados de la escala. En este momento se me ocurre otro método todavía más sencillo y seguro. Vea usted, para mayor claridad, la figura adjunta. [...]

⁵⁵⁵ En relación a los instrumentos científicos y técnicas de medición empleados en el Virreinato de la Nueva Granada en el transcurso del siglo XVIII, véase: CHENU, Jeanne. *Del buen uso de instrumentos imperfectos: ciencia y técnica en el Virreinato de la Nueva Granada*. En ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. pp.55-62.

Perdone, don Santiago, estas menudencias que ofenden a sus luces y a su instrucción: conozco que me excedo y que trato a usted como a niño; pero el amor a la exactitud, y aún más, el evitar a usted el trabajo de la combinación, me obligan a esto; sé que luego que usted piense un instante daría en estos recursos para tomar la elevación verdadera del mercurio en el termómetro.”⁵⁵⁶

Es así como en este y en otros apartes de sus escritos científicos y de su extensa correspondencia personal, encontramos al siempre riguroso y analítico Francisco José de Caldas esforzándose por observar, registrar y cuantificar lo mejor posible los fenómenos observados viéndose abocado a enfrentar grandes dificultades dados los precarios medios teóricos, técnicos e instrumentales con los que contaba en el comienzo de su práctica científica.

En el trasfondo, y más allá de lo anecdótico, lo realmente importante es observar la manera en la que Caldas, a pesar del aislamiento y las limitaciones de todo tipo, era un verdadero partícipe de las pulsiones científicas y filosóficas de su tiempo y casi sin notarlo ni estar plenamente consciente de ello, representaba él mismo, con su incansable labor científica, un excelente ejemplo de lo que el profesor John Lewis Heilbron denomina como *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*, es decir, el *Espíritu cuantificador en el Siglo XVIII*, del cual Caldas es pionero y precursor en los territorios coloniales del Nuevo Reino de Granada.⁵⁵⁷

Este anhelo de precisión y cuantificación - que se transforma en la práctica en la necesidad de obtener datos útiles que se puedan integrar dentro de un modelo matemático coherente - terminó por arraigar profundamente dentro de los presupuestos filosóficos y epistemológicos de la ciencia moderna del siglo XVIII hasta llegar a definirla intrínsecamente como disciplina racional e inteligible. Pero esta consolidación filosófica y empírica de la medida, la cuantificación y la precisión como criterios indispensables de la práctica científica no hubiera podido darse sin el surgimiento de un *sistema de medición* adecuado que permitiese la exactitud, la conversión de medidas y la integración de magnitudes diversas (distancia, superficie, volumen, peso, temperatura) dentro de un todo matemático coherente, lógico y funcional.

Los grandes logros y avances de la ciencia moderna newtoniana e ilustrada que habían tenido lugar durante los siglos XVII y XVIII al interior de disciplinas como la física, la astronomía, la biología y la química, no sólo necesitaban sino que también exigían con urgencia la invención y puesta a punto de un sistema de medición realmente científico que superase los arcaicos, imprecisos y obsoletos patrones de medición todavía en uso y permitiese el surgimiento de un nuevo y verdadero lenguaje científico de la medición y la cuantificación.

⁵⁵⁶ Carta 39 de Julio 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.98-99.

⁵⁵⁷ Véase: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. Introductory Essay. pp.1-23.

9.2 - La invención e implementación del sistema métrico decimal.

Fue muy largo y tortuoso el camino que la humanidad tuvo que recorrer hasta llegar, a finales del siglo XVIII, a la invención y consolidación de un sistema de medición universal cuyos patrones de medida se inspiraban en constantes de la naturaleza (y no en medidas antropomorfas subjetivas e imprecisas) y que por primera vez integraba magnitudes tales como las longitudes, las áreas, los volúmenes, los pesos y la temperatura.

La historia de los sistemas de medición se remonta al comienzo de los tiempos históricos cuando el hombre primitivo tuvo que enfrentar la necesidad de *cuantificar* y de *medir* las entidades materiales del mundo en el que habitaba y del cual dependía su supervivencia. Para todas las culturas y los pueblos, para los hombres y mujeres de todas las épocas, resultaba vital poder cuantificar y medir, por ejemplo, la cantidad de grano que se podía intercambiar por cierto peso metálico en bruto o acuñado en forma de moneda, o poder delimitar con certeza la extensión del terreno familiar del cual dependía el sustento y la vida con base en una medida reconocida por la autoridad o poder enunciar con precisión la distancia en jornadas de viaje que separaba dos lugares conocidos.

La respuesta universal de todos los pueblos y culturas de la historia a esa necesidad vital de medir y cuantificar fue la invención de sistemas de referencia que establecían patrones de medición que actuaban como estándares prácticos de comparación. Las primeras medidas se inspiraron en realidades físicas tan inmediatas y omnipresentes como el cuerpo humano: la longitud del dedo pulgar de un hombre, el largo de la huella de su pie, la distancia que hay entre el codo de una persona y el dedo central de su mano cuando el brazo se halla estirado, la apertura máxima que alcanzan los dos brazos extendidos hacia los lados de un hombre erguido (de esta convención se derivaría la *toesa* medieval); también se establecieron otros patrones de referencia prácticos tales como la distancia que podía cubrir un caballo caminando durante todo un día desde el amanecer hasta el ocaso o el peso máximo que un hombre era capaz de cargar a sus espaldas o la distancia que cubría una flecha al ser disparada de manera rasante sobre el suelo.⁵⁵⁸

Todos estos sistemas de medición surgieron desde las prácticas cotidianas de la vida y en sus patrones es posible rastrear un claro reflejo de las realidades vitales de los pueblos de la antigüedad pues en estas medidas tradicionales perduran las huellas del pasado: en las denominaciones de ciertos patrones de medición queda el vestigio del trabajo de los constructores de las primeras civilizaciones (piénsese en medidas tales como la *pulgada* o el *codo egipcio*) o el trasegar de los comerciantes y viajeros griegos y romanos (piénsese en el *talento* griego como medida de peso para metales valiosos y la *millia passus* - 'mil pasos' - de los romanos de la cual se deriva la *milla* moderna) y también es posible hallar dentro de este panorama de los sistemas de medición antiguos una clara reminiscencia de los tiempos medievales en patrones y medidas tales como la *caballeriza*, la *fanega* o la *giornata* o *journaux* (derivadas estas últimas de la superficie de terreno cultivable por un hombre en un día de trabajo).

⁵⁵⁸ Como disertación histórica y cultural sobre el surgimiento y desarrollo de los sistemas de medición, véase: KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Siglo Veintiuno Editores. Madrid. 1980. Y también: CASTAÑO, José. *El libro de los pesos y medidas*. La Esfera de los Libros. Madrid. 2015.

Todos estos modelos metrológicos del pasado, tan numerosos y diversos como los pueblos que los inventaron, funcionaron durante siglos y rigieron la vida social, política y comercial de las sociedades a pesar de sus imperfecciones y falencias. Sin embargo, en la medida en que los usos de la economía, la técnica y el comercio se hicieron cada vez más complejos y elaborados, los sistemas de medición de algunas sociedades empezaron a resultar obsoletos e insuficientes transformándose muchas veces en referentes caóticos y confusos.

Las dificultades e incoherencias que presentaban estos antiguos sistemas de medición se evidenciaban en varios aspectos prácticos:

En primer lugar, los patrones de medición se establecían sobre realidades físicas imprecisas y subjetivas que hacían que el modelo patrón resultase completamente falseado: si se establecían, por ejemplo, el *pie*, el *codo* y la *pulgada* como unidades de medida para el trabajo de los albañiles constructores de templos antiguos o de catedrales, no podía especificarse un patrón universal aplicable a todos los casos pues la misma denominación tácitamente sugería que dichas medidas o bien se referían a las dimensiones de algún hombre particular usado como modelo o, por el contrario, eran las medidas idealizadas de un hombre abstracto y, por lo tanto, el patrón de medida resultaba igualmente aleatorio y arbitrario. Como ejemplo histórico, puede mencionarse que, durante el siglo XV, la toesa de referencia que se usaba en el reino de Francia terminó denominándose como 'Toesa de Carlomagno' porque se inspiraba supuestamente en la estatura de este icónico rey que había vivido seis siglos antes; en la práctica, este patrón de longitud terminó transformándose en una infinidad de 'toesas' diferentes hechas según el arbitrio y la costumbre de cada región particular.

En segundo término, dada la multitud de patrones y medidas en uso, la conversión entre unas y otras resultaba irrealizable en la práctica y todo terminaba en una caótica confusión y más teniendo en cuenta el hecho de que la gente del común - que era la que día a día laboraba con estos pesos y medidas (panaderos, carniceros, herreros, sastres, leñadores, carpinteros, albañiles) - poco o nada entendía de operaciones aritméticas de cierta complejidad e incluso para los prestamistas y calculistas podía resultar imposible fijar conversiones válidas entre patrones completamente dispares y sus equivalencias monetarias. Como muestra de este caos imperante, baste con mencionar el hecho de que en la Francia de 1789 coexistían en la práctica más de dos mil medidas de todo tipo que hacían referencia a realidades tan dispares como el largo de un vestido, la cantidad de cerveza contenida en un barril, el peso de una gallina, el volumen de un montón de leña, el tamaño de un ladrillo, la altura de una oveja o el diámetro de una rueda de carreta.

En tercer lugar, la mayoría de medidas carecía de múltiplos y submúltiplos claramente determinados en proporciones operativas con precisión aritmética y eso hacía que, de nuevo, se llegase a un escenario de confusión y de mera aproximación en el momento de medir y cuantificar.

Por último, no se puede olvidar el hecho de que los pesos y medidas determinaban la economía de un reino pues los impuestos y costos de las cosas muchas veces se cuantificaban en especie y por lo

tanto un sistema caótico de medición conducía a un permanente estado de anarquía comercial que se traducía para las gentes del común en pobreza, estafa, usura y explotación.⁵⁵⁹

Fue así como, para finales del siglo XVIII, en el contexto europeo (y en el reino de Francia en particular) se evidenció la necesidad urgente de, o bien reformar a fondo los problemáticos sistemas de cuantificación (vigentes desde hacía siglos aunque siempre cambiantes) unificando los criterios y los patrones, o de idear un nuevo sistema de medición universal que tuviera la aspiración de integrar las magnitudes diversas de longitud, superficie, volumen y peso (y ojalá tiempo y temperatura también) dentro de un mismo marco de referencia y a partir de patrones de medición que se derivasen de entidades más objetivas y universales que las medidas tradicionales surgidas de los subjetivos usos culturales de los diversos pueblos y regiones.

Una coyuntura favorable para una reforma definitiva de los sistemas de pesos y medidas se presentó cuando en 1789 el rey francés Luis XVI convocó los llamados *Estados generales* en su calidad de reunión excepcional en la que se encontraron los representantes nacionales del clero, la nobleza y los diputados de las provincias con miras a discutir y tratar de solucionar los problemas sociales, políticos y económicos que aquejaban al reino. Las sesiones diarias de la asamblea se enfocaban en dar curso a la lectura y discusión de las diversas solicitudes y quejas contenidas en los llamados *cahiers de doléances - cuadernos de quejas* – que eran memoriales escritos en los que cada provincia anotaba, a modo de peticiones o reclamaciones, situaciones puntuales que aquejaban a la población; para el año en cuestión, 1789, el reclamo más recurrente de todas las provincias del reino era el llamado a “*Que no haya en el territorio dos pesos y dos medidas diferentes*” puesto que gran parte de la crisis económica se debía al caos reinante en los pesos y las medidas del reino que se traducían en un permanente estado de opresión y de explotación económica del pueblo llano por parte de los nobles y terratenientes.

La anarquía imperante en relación al uso simultáneo de una gran cantidad de confusos y enrevesados sistemas de medición regionales tenía consecuencias funestas para las clases sociales más pobres compuestas por campesinos, artesanos, asalariados y pequeños comerciantes debido a que, puesto que no había un sistema de medidas oficial establecido por la autoridad real, cada señor feudal o noble terrateniente imponía arbitrariamente su propio patrón de medida para cuantificar, ya fuese en especie o en metálico, los precios y los impuestos que debían pagar sus arrendatarios y jornaleros; de esta manera, cada feudo particular terminaba siendo explotado de manera inescrupulosa pues el terrateniente o noble terminaba cobrando a los campesinos y artesanos sometidos a su gobierno pagos, diezmos, hipotecas e impuestos fijados a partir de convenciones fraudulentas de peso y valor que el mismo propietario determinaba sin que existiese un control gubernamental de ningún tipo.

Si bien los reyes habían hecho intentos por unificar los pesos y las medidas desde la Edad Media y durante el siglo XVI el rey Enrique II había enunciado que “*Los pesos y medidas se atenderán a una determinada forma y se llamarán pesos y medidas del rey. Como en todos los ducados, marquesados, condados,*

⁵⁵⁹ Como texto de referencia en torno a la historia del sistema métrico decimal en el que se encuentran numerosos ejemplos y disertaciones en relación a los sistemas de medición europeos anteriores al siglo XVIII, véase: GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2003. En cuanto a recuento histórico sobre la metrología occidental, véase: ZUPKO, Ronald. *Revolution in Measurement: Western European Weights and Measures Since the Age of Science*. The American Philosophical Society. Philadelphia. 1990.

*vizcondados, baronías, castellanías, villas, tierras, jurisdicciones de nuestro reino [...] Los antiguos patrones no conformes a nuestras medidas se quebrarán y romperán...*⁵⁶⁰ todo quedó en letra muerta y la realidad era que, en la práctica, un campesino debía someterse al hecho de que su cosecha fuese medida en patrones de peso o de volumen fijados arbitrariamente por su señor terrateniente y pagados según el valor que el mismo propietario establecía para cada unidad de medición: si se fijaba que un *celemín* de cebada se pagaba con un peso de tantos *granos* de determinado metal, era el mismo señor que adquiriría la producción el que establecía, según su antojo y capricho, cuánto volumen era un *celemín* y cuánto peso tenía un *grano* y cuál era, en sus dominios, la equivalencia y el valor de cambio entre *granos* y *celemines*.

Y, así, aunque se reconocía en los círculos académicos y políticos que era necesario encontrar una nueva convención universal para unificar los pesos y las medidas, el sentimiento general era que tal empresa era irrealizable; no obstante, era tal el caos imperante en cuanto a prácticas de medición y tan evidentes las injusticias que se derivaban de tal anarquía que el día 11 de agosto de 1789 la Asamblea Nacional tomó la drástica determinación de que "*Los derechos de patrón de pesas y medidas se suprimen sin compensación alguna*" terminando así el monopolio metrológico de los nobles y terratenientes y poniendo punto final a siglos de confusión y desbarajuste en lo relativo a la cuantificación, la medida y el pesaje.⁵⁶¹

En principio, se planteó la posibilidad de que la ahora omnipotente Asamblea Nacional determinase por votación general una serie de nuevos patrones de pesos y medidas: bastaría con definir una nueva unidad de longitud, decidir un nombre para ella, y fundir una barra metálica que representase con exactitud este nuevo patrón nacional y lo mismo aplicaría para una nueva unidad de peso. Así, se crearían dos nuevos patrones básicos, uno de longitud y otro de pesaje, y se elaborarían dos modelos arquetípicos que se resguardarían cuidadosamente y de los cuales se harían muchas réplicas que se enviarían a todos los municipios del reino.

Sin embargo, esta iniciativa pronto se desechó como impracticable pues resultaba evidente que los nuevos patrones serían tan aleatorios y arbitrarios como las unidades de antaño que fijaban los señores feudales; además, los nuevos estándares no contarían con ninguna legitimidad 'objetiva' pues se definirían a partir del criterio de unos cuantos diputados y no tendrían a favor ni siquiera el peso de la tradición y del uso cotidiano como sí lo tenían las medidas tradicionales que habían sido utilizadas durante generaciones.

Dada la complejidad técnica del problema de crear un nuevo sistema universal de pesos y medidas, se creó un comité avalado por la Academia de Ciencias cuya misión era el sugerir un nuevo modelo metrológico y cuyos miembros fueron cinco de los científicos franceses más destacados del momento en los campos de la astronomía, la física y las matemáticas: Jean-Charles de Borda, Joseph-Louis

⁵⁶⁰ GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Capítulo 1. p.12.

⁵⁶¹ Véase el ya citado trabajo de: GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Capítulo 1. pp.6-17.

Lagrange, Pierre-Simon Laplace, Gaspard Monge y Marie-Jean-Antoine Nicolas de Caritat, Marqués de Condorcet.⁵⁶²

El comité determinó que los pesos y las medidas debían definirse a partir de un misma unidad patrón y que el sistema decimal era el más idóneo como base matemática del nuevo modelo metrológico llegando a sugerir también la decimalización de las mediciones angulares y de las unidades horarias utilizadas para la medición del tiempo. Tratando de definir el patrón fundamental del nuevo sistema metrológico decimal insistieron en la necesidad de que esta nueva unidad de medida se fijara a partir de alguna realidad objetiva y universal y no con base en un criterio arbitrario y propusieron tres posibles referentes físicos: la longitud, trazada en línea recta, del recorrido de un péndulo con una frecuencia de una oscilación por segundo ubicado a 45° de latitud, la diezmillonésima parte de un cuarto de la longitud de la línea ecuatorial o la diezmillonésima parte de un cuarto de la longitud de un meridiano terrestre. En lo referente a la unidad de peso, se definió como nueva unidad de pesaje el peso del volumen de agua destilada contenido en un cubo cuya arista tuviese una longitud de la décima parte de la nueva unidad de medida (aún por definir).

Finalmente, se decidió que la nueva unidad de longitud sería la diezmillonésima parte de un cuarto de la longitud de un meridiano terrestre o, lo que es lo mismo, la diezmillonésima parte de la distancia entre el Polo Norte y la línea del Ecuador terrestre. Para determinar con la mayor precisión posible tal longitud, se eligió como referencia el meridiano de París y se tomó la decisión de realizar, sobre el terreno y siguiendo la línea del meridiano, una cuidadosa medición de la décima parte de la distancia comprendida entre el Polo y el Ecuador; para tal efecto, se eligieron como puntos de referencia las ciudades de Dunkerque y de Barcelona que se hallan a una distancia aproximada de 1000 kilómetros (que equivalen a la décima parte de la distancia entre el Polo y el Ecuador) y se procedió a realizar la expedición geodésica de medición.⁵⁶³ La exploración tomó más de seis años (de 1792 a 1798) y, mientras tanto, se tomó como unidad metrológica una distancia aproximada de media toesa que, se sabía, estaba muy cerca de la longitud de la que sería la nueva medida que se implementaría como patrón universal.⁵⁶⁴

⁵⁶² **Jean-Charles de Borda** (1733-1799) fue un importante científico y marino francés que adquirió renombre como astrónomo, físico y matemático; realizó aportes en campos como la hidrodinámica, la trigonometría y la astronomía naval aparte de su importante labor como presidente de la comisión que concibió el sistema métrico decimal. **Joseph-Louis Lagrange** (1736-1813) fue un importante astrónomo, físico y matemático italiano que realizó importantes avances en áreas tan diversas como la mecánica clásica newtoniana (que reformuló y simplificó bajo la denominación de mecánica analítica), la astronomía, el álgebra y la teoría de números. **Pierre-Simon Laplace** (1749-1827) [Véase la nota al pie número 430]. **Gaspard Monge** (1746-1818) fue un matemático y geómetra francés a quien se reconoce como el inventor de la geometría descriptiva entendida como ésta como un conjunto de técnicas y procedimientos geométricos y matemáticos que permiten representar objetos tridimensionales en una superficie bidimensional. **Marie-Jean-Antoine Nicolas de Caritat, Marqués de Condorcet** (1743-1794) fue un matemático, filósofo y político francés que, como científico, realizó importantes aportes al cálculo infinitesimal y, como político, tomó parte activa en la Revolución Francesa.

⁵⁶³ Como texto de referencia sobre la expedición cuyo objetivo fue la medición del segmento de meridiano comprendido entre Dunkerque y Barcelona, véase: ALDER, Ken. *La medida de todas las cosas*. Editorial Taurus. Madrid. 2003.

⁵⁶⁴ La unidad de medida provisional se fijó como la longitud de 443,44 *lignes* (teniendo la *toesa* una longitud de 864 *lignes*). En términos actuales, puesto que una *toesa* equivale a 1,949 metros, entonces 443,44 *lignes* equivalen a 1,000306204 metros, lo cual demuestra la gran exactitud de la medida que se tomó como metro provisional mientras se concluía sobre el terreno la medición del segmento del meridiano de París comprendido entre Dunkerque y Barcelona.

El 22 de diciembre de 1795 se anunció triunfalmente al pueblo de París el nacimiento del sistema métrico decimal que representaba el ideal de justicia e igualdad de la Revolución francesa y la consagración del espíritu racional y científico de la Ilustración: “No habrá más que un único patrón de pesos y medidas para toda Francia; este será una regla de platino sobre la que se trazará el metro que se ha adoptado como unidad fundamental de todo el sistema de medidas”.⁵⁶⁵ Aún más, el nuevo sistema metrológico constituía un legado del espíritu ilustrado a la humanidad entera pues por primera vez se había concebido un sistema de medición inspirado en las dimensiones de la Tierra y que articulaba magnitudes de longitud, superficie, volumen y peso a partir de la definición de un único patrón universal: el *metro*.⁵⁶⁶

Irónicamente, el nuevo sistema métrico decimal estuvo lejos de contentar al pueblo que durante siglos había clamado por la implementación universal de un modelo metrológico justo y comprensible por varias razones muy interesantes desde el punto de vista sociológico e histórico:⁵⁶⁷

En primer término, el nuevo sistema métrico decimal no contaba con el peso de la costumbre y la tradición y, por tal motivo, fue visto con desconfianza desde un principio pues la gente del común prefería apegarse a las medidas ‘correctas’ o ‘reales’ que se habían manejado durante siglos (aunque reclamaban airadamente por su reglamentación y regulación estrictas). En segundo lugar, el nuevo patrón de medida, el *metro*, no representaba nada en la imaginación del pueblo llano que estaba acostumbrado a que las medidas y sus nombres hicieran referencia a cosas reales como la zancada de un hombre o el peso de un buey mientras que, lejos de la vida cotidiana, el nuevo *metro* era un concepto concebido en la mente de algunos de los científicos franceses más brillantes del siglo XVIII pero estaba muy lejos de constituir algo real para el vulgo que nada entendía de diezmilésimas partes de meridianos ni de abstracciones similares. En tercer lugar, los nuevos términos derivados del patrón *metro* como múltiplos o submúltiplos resultaban inentendibles en la práctica para personas poco preparadas en matemáticas y la confusión aumentaba debido a las denominaciones (derivadas del griego) de *kilo*, *hepto*, *deca*, *deci*, *centi*, *mili*, *lineal*, *cuadrado*, *cúbico*, que el nuevo sistema utilizaba para indicar las magnitudes decimales por encima o debajo de la unidad patrón (diez veces, cien veces, la centésima parte, la milésima parte, etc). En cuarto lugar, el pueblo llano encontraba muy difícil y confuso el cómputo decimal y la necesidad de estar multiplicando y dividiendo por diez permanentemente generando fracciones decimales imposibles de comprender para personas que, en la mayoría de los casos, apenas podrían contar con los dedos o enumerar una cierta cantidad de las viejas y queridas unidades de medida tradicionales; lo mismo ocurría con la compleja noción matemática de elevar al cuadrado o al cubo para obtener magnitudes de superficie y de volumen a partir del simple *metro* lineal. Por último, a nivel mental resultaba un tanto inconcebible que la misma unidad patrón, el *metro*, sirviese ahora para medir y cuantificar realidades tan dispares como el largo de una cuerda, el peso de una vaca, el ancho de una cañada, la superficie de un terreno o la cantidad

⁵⁶⁵ Así se había enunciado meses antes la instauración del nuevo patrón metrológico en el Artículo 2 de la Ley del 18 de Germinal del Año III (correspondiente al 7 de abril de 1795). Citado en: GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Capítulo 11. p.118.

⁵⁶⁶ La palabra *mètre* se deriva del término griego μέτρον (*metron*) que significa *medida*.

⁵⁶⁷ En relación a la compleja implementación del sistema métrico decimal en la Francia revolucionaria entre 1790 y 1795, véase: KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Tercera Parte. Capítulo 23. pp.381-427. Y: ZUPKO, Ronald. *Revolution in Measurement: Western European Weights and Measures Since the Age of Science*. Capítulos 4 y 5. pp.113-175.

de vino contenido en un barril cuando, durante generaciones, ciertas medidas se aplicaban a ciertos contextos específicos y resultaban impracticables en otras labores (por ejemplo, en la metrología antigua resultaba inconcebible que el largo de una tela se expresase en las mismas unidades de medida que la extensión de un cercado) o, a su vez, ciertas medidas conservaban el mismo nombre para medir diversos elementos pero tenían valores diferentes en razón de la cosa cuantificada.⁵⁶⁸

Al final, el sistema métrico decimal tuvo que ser impuesto a partir de dos estrategias radicales: primero, la proscripción de todos los remanentes de los antiguos sistemas de medición y el decomiso de todos los modelos físicos de las antiguas medidas y, segundo, la imposición gubernamental del nuevo patrón metrológico apoyado en la fabricación masiva y el envío a las provincias de miles de modelos que replicaban el *metro* arquetípico.

Y no obstante los tropiezos iniciales y los posteriores ajustes, el sistema métrico decimal terminó por reinar de manera indiscutible como sistema metrológico privilegiado en el contexto de la ciencia y la racionalidad modernas hasta el punto de que, en la actualidad, nos resultaría imposible concebir la naturaleza y el universo – y las ciencias que utilizamos para conocerlos – sin el lenguaje metrológico decimal desde el cual cuantificamos y comprendemos la realidad.

9.3 – Caldas y el sistema métrico decimal.

¿Qué sistemas de medición y qué unidades patrón usó Caldas a lo largo de su trayectoria científica? Esta pregunta resulta muy interesante pues los sistemas de medición empleados por Caldas desde sus inicios empíricos y autodidactas hasta sus trabajos más elaborados y maduros en las diversas áreas que lo ocuparon (astronomía, botánica, topografía, hipsometría) son un fiel testimonio de la problemática filosófica, técnica y científica que se dio durante el siglo XVIII en torno a la medida, la cuantificación y la precisión.

Caldas, como se ha visto, comenzó su trayectoria científica siendo apenas un colegial de la mano de su maestro de filosofía, José Félix de Restrepo, de quien aprendió los rudimentos de las ciencias: “[...] *me apliqué bajo su dirección al estudio de la aritmética, geometría, trigonometría, álgebra y física experimental, porque nuestro curso de filosofía fue verdaderamente un curso de física y de matemáticas.*”⁵⁶⁹

¿Qué sistemas de medición conoció Caldas de la mano de su primer maestro? En la cátedra de filosofía que Restrepo impartía se veían también ‘lecciones de física’ cuyo objetivo era el de ofrecer a los estudiantes un panorama general e introductorio de las ciencias físicas y naturales.

Si bien no sobreviven los cuadernos estudiantiles de Caldas, es posible formarse una idea certera de los temas científicos que tanto le interesaron pues sí perduraron, en forma de libro independiente, las

⁵⁶⁸ “Existía la tendencia a que cada cosa fuera medida con patrones diferentes. A modo de ejemplo: el codo de Navarra en la Edad Media tenía cinco longitudes diferentes según se midiera la tierra (50,8 cm); la fusta o madera (50,2 cm); y las telas según las calidades: tela de cendal, oro y plata (48 cm); la tela de paños de lana (59 cm) y por último la tela de lienzos y sayales (63 cm).” CASTAÑO, José. *El libro de los pesos y medidas*. pp.16-17.

⁵⁶⁹ Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis. pp.113-4.

Lecciones de Física de autoría de José Félix de Restrepo⁵⁷⁰ quien se ocupó de recopilar en este libro el extenso material de la cátedra de filosofía que impartió en el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís de Popayán durante veintinueve años entre 1782 y 1811; así, este texto nos permite conocer de primera mano los contenidos que el joven Caldas estudió en su primer acercamiento a las ciencias y, también, indagar específicamente acerca de qué sistemas de medición se utilizaban y explicitaban en las lecciones (y más aun teniendo en cuenta que este libro fue utilizado e instituido como texto escolar de ciencias durante la primera mitad del siglo XIX en el comienzo del período republicano). En cuanto a contenidos, el texto presenta un panorama general de la física newtoniana (las tres leyes del movimiento, la mecánica clásica, el sistema del mundo), la óptica, la astronomía, la biología, la acústica, el magnetismo y la electricidad (entre otros temas diversos) y, en cuanto a sistemas de medición, el libro no explicita ningún modelo particular pues los temas se plantean y desarrollan de manera formal sin profundizar en aplicaciones técnicas ni instrumentales y, como unidades de medición, aparte de grados angulares y de una disertación sobre las escalas termométricas de Réaumur, Fahrenheit y De Luc, sólo se mencionan como unidades de medición de longitudes la antigua medida francesa de la *toesa*, y sus submúltiplos *pies*, *pulgadas* y *líneas* y por ninguna parte se hace mención ni del sistema métrico decimal ni de su unidad patrón, el *metro*.

Las lecturas científicas de Caldas durante su etapa de colegial se limitaron a las lecciones del maestro Restrepo, algunos fragmentos de Euclides y a los textos tradicionales y aprobados por las autoridades eclesiásticas tales como las obras pedagógicas del padre Tosca⁵⁷¹ y poco más.

La siguiente etapa importante en la formación científica de Caldas fue el capítulo de su formación autodidacta en el que sus únicos maestros fueron los libros y, dadas las dificultades para adquirirlos, sus lecturas fueron forzosamente fragmentarias aunque trató de hacerse a un bagaje científico básico repasando los textos de los autores más relevantes, en el contexto del siglo XVIII, en los campos de la astronomía, la botánica y la historia natural: leyó a los grandes naturalistas Linneo y Buffon, a exploradores y cosmógrafos como La Condamine, Antonio de Ulloa y Joseph Gumilla y a botánicos como Tournefort, José Quer y Martínez, Casimiro Gómez Ortega y Antonio Palau y Verdera.⁵⁷²

Sin embargo, estos autores y obras pertenecían al contexto del siglo XVIII y son anteriores a la invención del sistema métrico decimal así que, para cuantificar y medir, Caldas aprendió en estos libros los sistemas y las medidas tradicionales y se ejercitó en el uso de *leguas*, *toesas*, *pies de rey* y *varas* aparte de que en astronomía se aplicó en el uso de los patrones angulares tradicionales de *grados*, *minutos* y *segundos*; en cuanto a unidades termométricas, se instruyó en el uso de las escalas Réaumur

⁵⁷⁰ Véase: RESTREPO, José Félix de. *Lecciones de Física*. Impreso por F.M. Stokes. Bogotá. 1826.

⁵⁷¹ **Tomás Vicente Tosca y Mascó** (1651-1723) fue un sacerdote de origen catalán que también destacó como arquitecto, matemático y filósofo. Fue uno de los pioneros, dentro del contexto español, del llamado 'movimiento novator' que fue una corriente cultural que, inspirada en los ideales de la Ilustración y las nuevas ciencias y filosofías, promulgaba la racionalidad y la reforma del estatismo académico e intelectual anclado aún a las viejas escuelas de pensamiento escolástico. Entre sus obras se cuentan un importante '*Compendio Mathematico, en que se contienen todas las materias más principales de las ciencias, que tratan de la cantidad*' que fue publicado en nueve tomos entre 1707 y 1715 y se instituyó como un texto escolar reconocido y tradicional tanto en España como en la América colonial. Sobre su contexto, vida y obra, véase: DORCE, Carlos. *Historia de las Matemáticas en España*. Volumen II. Capítulo 6. *El movimiento novator*. pp.1-80.

⁵⁷² Véase una breve síntesis biográfica de estos personajes en las notas al pie números 222.

y Fahrenheit con sus correspondientes *grados*⁵⁷³ y, en lo relativo a las mediciones barométricas, la lectura del instrumento se limitaba a las *pulgadas* y *líneas*.

El primer acercamiento que Caldas tuvo al sistema métrico decimal ocurrió durante su estancia en Quito en 1802 cuando tuvo la oportunidad de conocer y convivir con Humboldt y Bonpland, quienes ya conocían y empleaban el nuevo sistema metrológico sin renunciar al uso de los antiguos sistemas de medidas. Dada la meticulosidad de Caldas en cuanto a mediciones y sus dotes observacionales, es posible que el nuevo sistema le impresionara favorablemente y que percibiese su potencialidad como nuevo sistema cuantitativo universal aunque, en la práctica, el arraigo cultural de los antiguos modelos metrológicos era demasiado fuerte como para que se generase un cambio súbito en cuanto a sistemas de medición; habrían de pasar muchos años antes de que se produjese la asimilación y posterior implementación del sistema métrico decimal en el entorno de la recién formada república independiente.⁵⁷⁴

Como se ha mencionado,⁵⁷⁵ la primera evidencia escrita que demuestra el conocimiento y uso del sistema métrico decimal por parte de Francisco José de Caldas se encuentra en el breve texto de su autoría titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá* que fue publicado en los números 46 y 47 del *Semanario de Nuevo Reyno de Granada* en Noviembre 13 y Noviembre 20 de 1809. Allí, por primera vez en las publicaciones que se conservan de autoría de Caldas (y por primera vez en la historia del Virreinato del Nuevo Reino de Granada), aparece referenciado, usado y aplicado (y traducido a medidas tradicionales) el sistema métrico decimal. En este caso, Caldas utilizó por primera vez las denominaciones de *metro*, *centímetro* y *grado centígrado* en relación a la importante tarea de determinar con la mayor exactitud posible la elevación sobre el nivel del mar del piso del Observatorio para así tener tanta certeza como fuese posible sobre la ubicación geográfica exacta de las observaciones que desde allí se hiciesen.

El uso que hizo Caldas en este escrito del sistema métrico decimal se debe al hecho de que, para realizar el cálculo de altitud del piso del Observatorio, recurrió a la fórmula de nivelación barométrica enunciada por Pierre-Simon Laplace quien, como miembro de la Comisión de pesos y medidas que concibió el sistema métrico decimal, hizo un uso extensivo del nuevo sistema metrológico que él mismo había ayudado a crear y, consecuentemente, su fórmula barométrica estaba enunciada en las

⁵⁷³ Como breve presentación histórica y técnica de estas dos escalas y de sus creadores, véase la nota al pie número 27 del Capítulo 5.

⁵⁷⁴ “Antes de que se introdujera la enseñanza y aprendizaje de la aritmética decimal en los colegios y universidades, a partir de los años 1830, el medio más corriente para la difusión informal del sistema métrico decimal (SMD) en Colombia fueron las prácticas empíricas de medición de exploradores y naturalistas. Humboldt fue tal vez el primero en utilizar el metro en sus viajes por la Nueva Granada entre 1799 y 1803. No solo lo hizo personalmente sino que aconsejó a los criollos que importaran copias del patrón del metro, para lo cual les ofreció asesoría e intermediación con sus amistades científicas en Francia. Esta iniciativa temprana de apropiación y uso del metro fracasó, como posteriormente ocurriría con otras en el mismo sentido. Las circunstancias históricas de estos fracasos están relacionadas grosso modo con las vicisitudes de la empresa de organizar un estado republicano, dotado de los medios técnicos y políticos para introducir e imponer un nuevo orden de medida en un entorno social regido por los órdenes tradicionales de medición, fueran estos prehispánicos o monárquicos, de signo francés o español.” ARBOLEDA, Luis Carlos. “Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.”. En: QUICENO, Humberto [compilador]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX*. Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230. pp.178-9.

⁵⁷⁵ Véase la sección 7.3 del Capítulo 7.

nuevas unidades metrológicas y ya no en las antiguas denominaciones. El mismo Caldas mencionó en detalle la manera como llegó a conocer la importante ecuación a través de la obra del científico y sacerdote francés René Just Haüy⁵⁷⁶ quien en su *Traité élémentaire de physique* (publicado entre 1803 y 1806)⁵⁷⁷ transcribió la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace.⁵⁷⁸

La siguiente referencia que Caldas hace al sistema métrico decimal se encuentra en las *Lecciones de Fortificación y Arquitectura militar dictadas en la Academia de Ingenieros de Medellín* que fueron impartidas por él entre octubre de 1814 y mediados de 1815 cuando Caldas se desempeñó como coronel e ingeniero militar del ejército patriota de la Provincia de Antioquia.⁵⁷⁹ En estas *Lecciones* (cuya autoría se adjudica a Caldas como profesor pero que en la primera página llevan la anotación de que ‘*Están de letra de algunos de sus alumnos*’ para indicar el hecho de que la letra no corresponde a la del científico neogranadino) se incluye una interesante sección intitulada como *De las Medidas* en la que se desarrolla el tema de las diversas medidas al uso y de su mutua conversión y que comienza con una muy significativa y pertinente afirmación:

“2º *De las Medidas.*

Por una desgracia para el progreso de las Ciencias todas las Naciones tienen Medidas diferentes, y su expresión en Magnitudes es tan desconocida de las demás como su Lengua.

Para evitar este inconveniente, y para aclarar esta materia tan interesante como obscura los matemáticos an [sic] procurado expresar en números las relaciones de las diferentes medidas con alguna conocida. Para esto eligieron la toesa, y el Pie del Rey de París, que es la sexta parte de la toesa.”⁵⁸⁰

Así, esta anotación hecha por alguno de los estudiantes de Caldas (que se formaban bajo su dirección, en calidad de cadetes, para desempeñarse como ingenieros militares) demuestra que la existencia de múltiples sistemas de medición era algo que incomodaba y frustraba a los científicos experimentales, Caldas incluido, hasta el punto de llegar a considerarlo como ‘*una desgracia*’ que se traducía, en la práctica, en imprecisas y complicadas conversiones e inexactitudes instrumentales que arruinaban en

⁵⁷⁶ René Just Haüy (1743-1822); como breve semblanza biográfica, véase nota al pie número 436. Como contextualización del trabajo de Haüy en el campo de la mineralogía, véase: LESH, John. “*Systematics and the Geometrical Spirit*”, en: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. pp.73-111. Específicamente, entre las páginas 88 y 92.

⁵⁷⁷ HAÛY, Just René. *Traité élémentaire de physique*. Imprimerie de Delance et Lesueur París. 1803.

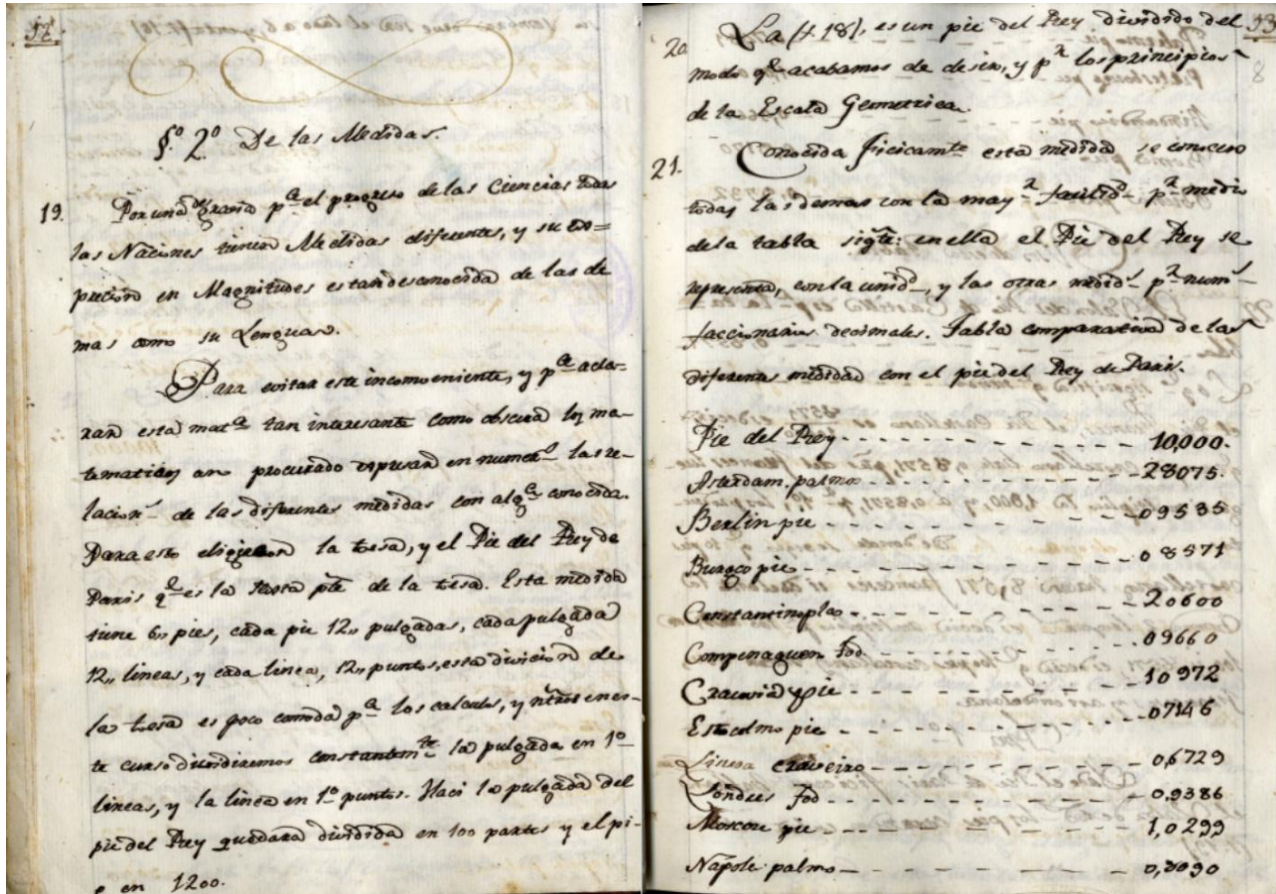
⁵⁷⁸ Sobre la manera como Caldas pudo hacerse a la obra de Haüy y, gracias a ella, conocer la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace, véase el apartado 7.3.

⁵⁷⁹ Como artículo de contexto sobre esta etapa de la vida se Caldas comprendida entre 1813 y 1815 y su faceta como ingeniero militar, véase: SUÁREZ, Iván. “*Francisco José de Caldas y la geografía militar en la provincia de Antioquia (1813-1815)*”. En *Apuntes, Revista de estudios sobre patrimonio cultural*, Volumen 26, Número 1, Enero - Junio 2013, pp.46-61.

⁵⁸⁰ *Lecciones de fortificación i arquitectura militar*. Página 12. Párrafo 19. La transcripción es paleográfica pues este manuscrito no ha sido publicado aún y de allí las alteraciones en la ortografía (an por han como inflexión del verbo haber y las mayúsculas aleatorias).

gran medida los esfuerzos cuantitativos y el anhelo de precisión de observadores talentosos como Caldas.

A continuación (como puede observarse en la imagen) el texto continuaba con una tabla de conversiones entre diversos patrones de medida entre los que se incluía algunos tan crípticos como el Estocolmo pie y el Napole palmos.



Apartado 2º titulado *De las Medidas* de las Lecciones de fortificación i arquitectura militar, dictadas en la Academia de Ingenieros de Medellín por el coronel, ingeniero jeneral Francisco José de Caldas. Páginas 12 y 13 y párrafos 19 a 21.

Y la sección continuaba con una afirmación que sirve como testimonio de la visión cuantitativa del profesor y coronel ingeniero militar Francisco José de Caldas:

“Cuando tratemos de las Cartas Militares entonces trataremos, entonces hablaremos de la medida universal del péndulo de las nuevas medidas del metre y de todo lo que sea ejecutado para obtener una medida que tenga relación con el de nuestro globo por ahora basta lo dicho para desempeñar con honor todas las partes de la fortificación.”⁵⁸¹

⁵⁸¹ Lecciones de fortificación i arquitectura militar. Página 17. Párrafo 25. (Ortografía original).

Este párrafo resulta especialmente significativo pues deja constancia de que Caldas ya consideraba al sistema métrico decimal y a las '*nuevas medidas del metro*' (aún escrito en francés) como una '*medida universal*' relacionada de manera objetiva con el tamaño de la Tierra, '*nuestro globo*'.

Así, encontramos menciones explícitas en la obra de Caldas que demuestran, primero, el uso explícito del sistema métrico decimal para calcular en *metros* (después transcritos a *toesas* y *varas castellanas*) la altitud del Observatorio de Santafé a través de la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace y, segundo, hallamos en la transcripción de sus *Lecciones de fortificación i arquitectura militar* un testimonio directo de su preocupación por el tema metrológico y de su interés por tener muy en cuenta el nuevo patrón del *mètre* en su calidad de nueva medida universal objetiva derivada de las dimensiones del globo terráqueo.

Al final, todos los proyectos científicos de Caldas quedaron interrumpidos e inconclusos por los avatares de la política y la guerra pero es importante subrayar el hecho de que, a aparte de sus muchos otros aportes científicos, fue el primer científico criollo en utilizar el sistema métrico decimal en el Nuevo Reino de Granada en 1809 y en reflexionar sobre sus evidentes ventajas hasta el punto de, por interés e iniciativa personales, incluir su enseñanza, en 1814, como materia importante en la formación de los ingenieros militares del ejército de la nueva república independiente.

Este interés de Caldas por aprender y manejar el nuevo sistema metrológico universal hace de él - a pesar de ser un personaje periférico dentro de la historia de las ciencias de los siglos XVIII y XIX debido a su aislamiento geográfico y cultural - un verdadero representante de ese 'espíritu' cuantitativo que configuró la ciencia moderna del siglo XVIII, y que se tradujo en el énfasis en la precisión, la medida y la cuantificación y en el surgimiento de esa gran construcción filosófica, cultural, técnica y matemática que es el sistema métrico decimal.⁵⁸²

9.4 - Perspectivas de análisis.

Las implicaciones de este tránsito teórico y empírico, matemático e instrumental y también filosófico y epistemológico, que realizó Caldas en el año de 1809 al emplear por primera vez el sistema métrico decimal en su labor científica, abre interesantes horizontes de interpretación (aún inexplorados en gran medida) para los estudios de historia de la ciencia en el contexto colonial neogranadino en el momento del tránsito hacia la vida republicana.

Consideramos que el tránsito paradigmático hacia el sistema métrico decimal que realizó Caldas - en un primer momento desde el interior de sus estudios sobre hipsometría y posteriormente en sus trabajos como ingeniero militar - puede estudiarse desde cuatro ámbitos de análisis: (1) el plano epistemológico y filosófico, (2) el trasfondo matemático y científico, (3) las implicaciones técnicas e instrumentales y, por último, (4) las repercusiones sociales y políticas.

Cada uno de estos espacios de profundización ofrece un valioso espacio de interpretación:

⁵⁸² Véase: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. Introductory Essay. pp.1-23.

Desde el trasfondo epistemológico y filosófico, es significativo enmarcar a Caldas dentro de su entorno histórico y cultural y hallar vínculos que lo ligan de manera muy directa - a pesar de su aislamiento geográfico y de su distanciamiento cultural de los epicentros científicos de la época - a las pulsiones filosóficas y científicas del contexto y nos permiten comprender su figura y obra ya no como algo aislado y anecdótico sino como una muestra muy representativa de las dinámicas científicas que estaban definiendo la ciencia más avanzada del momento.

Desde el plano matemático y científico, resulta muy interesante rastrear la evolución conceptual de Caldas al tratar de matematizar los fenómenos de la naturaleza (en este caso, al cuantificar e intentar representar matemáticamente la relación existente entre la temperatura de ebullición del agua y la presión atmosférica dependiente, a su vez, de la altitud de un lugar determinado sobre el nivel del mar) y observar la manera como su esfuerzo por construir un modelo matemático funcional lo condujo a conocer y manejar por primera vez el sistema métrico decimal y a apreciar su innegable valor y potencial como sistema metrológico y cuantitativo de validez universal.

En cuanto a las implicaciones técnicas e instrumentales, el sondear este tránsito teórico y empírico realizado por Caldas hacia el sistema métrico decimal nos permite también comprender cómo los nuevos lenguajes cuantitativos de la época tuvieron un impacto decisivo en la concepción, fabricación y uso de nuevos instrumentos científicos que terminaron por edificar una imagen del mundo de la cual somos herederos directos y que, de hecho, configura, nuestra cosmología y nuestras perspectivas existenciales actuales.

Por último, todo este proceso de tránsito hacia un nuevo paradigma metrológico tuvo unas repercusiones socioculturales de gran envergadura que fueron mucho más allá de lo meramente científico o matemático pues la adopción e implementación del sistema métrico decimal, a lo largo de buena parte del siglo XIX, implicó la definición de imaginarios políticos, sociales y culturales que contribuyeron a la conformación y consolidación de las estructuras republicanas de la recién creada nación independiente (que con el tiempo llegaría a ser la actual República de Colombia).

A continuación, y como conclusión de esta investigación, dedicamos un capítulo independiente a cada una de estas perspectivas de análisis.

Capítulo 10.

El trasfondo filosófico y epistemológico subyacente a la invención y uso del sistema métrico decimal.

Medir, cuantificar y matematizar.

“Cuando puedes medir aquello de lo que hablas y expresarlo con números, sabes algo acerca de ello; pero cuando no lo puedes medir, cuando no lo puedes expresar con números tu conocimiento es pobre e insatisfactorio, puede ser el principio del conocimiento, pero apenas has avanzado en tus pensamientos.”

William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907).⁵⁸³

Medir es una acción inherente al ser humano y para todas las culturas de la historia el acto de medir y cuantificar ha sido algo tan intrínseco como el hecho de hablar y socializar; así como no es concebible imaginar la historia de la civilización sin el lenguaje, tampoco es posible hacerlo sin las facultades omnipresentes del contar, del medir y del calcular.

Si bien es evidente que la evolución cultural de la humanidad estuvo ligada, entre otras realidades inmediatas, al acto de contar y medir, también es cierto que es posible hallar episodios de la historia en los cuales se asumió que podía hacerse ‘ciencia’ sin recurrir ni a la observación de los fenómenos, ni a la cuantificación sobre ellos, ni a la medida ni a las matemáticas pues, en algunos contextos, la cognición ‘científica’ de la naturaleza estuvo supeditada al saber metafísico y teológico que se consideraba superior a cualquier otro tipo de conocimiento.⁵⁸⁴

Sin embargo, poco a poco se hizo evidente que el conocimiento de la naturaleza debía partir de la observación directa de los fenómenos y no de teorías y dogmas preconcebidos; de los siglos XVI y XVII en adelante, para la ciencia moderna (surgida de la llamada *Revolución científica* que tuvo lugar entre los siglos XV y XVIII) resultaba indudable que el registro y la cuantificación de los fenómenos naturales era el primer paso indispensable en la construcción del conocimiento científico.

⁵⁸³ **William Thomson**, posteriormente nombrado **Lord Kelvin** (1824-1907) fue un físico y matemático británico que realizó importantes investigaciones en electricidad y termodinámica y fue el inventor de la escala termométrica que lleva su nombre. Frase citada en: GUEVARA, Iolanda. PUIG, Carles. *Las medidas del mundo*. RBA. Barcelona. 2011. Prefacio. p.9.

⁵⁸⁴ Podría mencionarse como ejemplo el primitivo pensamiento religioso medieval que dio prelación al saber teológico y dogmático sobre cualquier otro tipo de aproximación racional a la naturaleza: “*La preocupación por las propiedades mágicas y astrológicas de los objetos naturales era, junto a la búsqueda de símbolos morales, la característica principal de la perspectiva científica en la Cristiandad occidental antes del siglo XIII.*” CROMBIE, A.C. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo*. 2 volúmenes. Alianza Editorial. Madrid. 1980. Volumen I. Capítulo 1. p.30. Valdría también como ejemplo el contexto de la primitiva astronomía medieval en la cual se privilegiaba la teoría sobre la observación: “*En el período que va de la época de Tolomeo y finales del siglo VIII muy pocos astrónomos reconocían claramente que la astronomía era una ciencia que requería la observación para comprobar la teoría.*” NORTH, John. *Historia Fontana de la astronomía y la cosmología*. Fondo de Cultura Económica. México. 2001. VIII. p.147.

En esta coyuntura de observación empírica, cuantificación y medida, resulta fundamental el ejemplo de Galileo y de Newton, padres fundacionales del método científico y del espíritu científico moderno, quienes dejaron tras de sí el testimonio inconmensurable de sus obras científicas basadas en la observación y en la cuantificación de la naturaleza y, sobre todo, en la ulterior matematización de los fenómenos naturales que les permitió llegar a la concepción de leyes físicas expresadas en ecuaciones integradas en modelos físicos universales.

A lo largo de los siglos XVII y XVIII, y siguiendo el ejemplo de la física galileana y de la mecánica newtoniana, disciplinas como la física, la química, la biología, la geología, la meteorología, la medicina, la botánica y la topografía, entre muchas otras, se volcaron a la observación sistemática de los fenómenos naturales y se concentraron en la cuantificación y en la matematización. El advenimiento de este nuevo espíritu científico inspirado en la observación, la medida y la matematización - y ya no en el dogma o en la elucubración filosófica - marca un punto de inflexión definitivo en la historia de las ciencias y en el surgimiento de la racionalidad científica moderna.

Ahora bien, es preciso no perder de vista el hecho fundamental de que, en la medida en que las ciencias se concentraron en la cuantificación y en la matematización, los sistemas de medición cobraron una importancia decisiva en razón de que se convirtieron en los verdaderos lenguajes en los cuales se escribe nuestro conocimiento racional del mundo y sus fenómenos.

Si comparamos, por ejemplo, la actividad mental de un filósofo medieval que construía cosmologías y teorías astronómicas con base en sus creencias y en el dogma establecido por la autoridad y avalado por la tradición (y que si acaso sólo recurría a la observación de fenómenos celestes como simple confirmación final de sus esquemas preconcebidos) con el trabajo sistemático de un científico del siglo XVIII (como pudo serlo el mismo Caldas) que comenzaba con observar y registrar exhaustivamente los fenómenos naturales de su interés para posteriormente cuantificarlos y matematizarlos hasta obtener ecuaciones que describían patrones y leyes naturales que el experimentador desconocía al comienzo de su actividad, veremos la diferencia abismal que, a nivel filosófico y epistemológico, separa ambas concepciones y ambas actitudes en relación a lo que debe ser el conocimiento sobre el mundo y la naturaleza.

En el primer caso, si bien el proceso de reflexión y análisis puede conducir a un tipo de conocimiento mitológico, místico o religioso, es claro que la observación, la medida, la cuantificación y la matematización son actividades desconocidas o meramente accesorias mientras que en el segundo escenario estas mismas actividades son la esencia misma del proceso epistemológico y el registrar, medir, cuantificar y matematizar son pasos obligados a seguir si se desea obtener un conocimiento racional y científico sobre los fenómenos estudiados.

Resulta pertinente preguntarse qué papel juegan los sistemas de medición en ambos escenarios: en el primer caso, el uso de cuantificaciones es apenas un detalle secundario y la precisión del sistema de medidas empleado ni siquiera es relevante pues, para el tipo de razonamiento que se realiza, basta con las denominaciones cuantitativas tradicionales, imprecisas y subjetivas, mientras que, en el segundo caso, el sistema de medición se convierte en un protagonista obligado del proceso y en el verdadero lenguaje, junto con las matemáticas y el álgebra, del razonamiento realizado.

Durante mucho tiempo, tanto en la práctica como en el plano filosófico y epistemológico, estas dos concepciones y maneras radicalmente diferentes de construir conocimiento sobre el mundo coexistieron la una al lado de la otra o se conjugaron de una manera un tanto difusa.

Pero todo cambió con el advenimiento de la física galileana a comienzos del siglo XVII pues, desde entonces, y tal como el mismo Galileo aseveró, se asumió como presupuesto filosófico y epistemológico fundacional de la nueva ciencia experimental que el universo '*está escrito*' en lenguaje matemático; es decir, la premisa filosófica sobre la que se sustenta toda la ciencia moderna es el supuesto epistemológico de que el universo en su conjunto se presenta y está organizado en patrones matemáticos inteligibles que pueden ser comprendidos y planteados de manera lógica y racional.

Lo que subyace tácitamente a esta premisa es el hecho de que, para que podamos comprender este universo '*escrito en lengua matemática*', tenemos que *medir* y *cuantificar* pues es imposible, *per se*, que se pueda hacer matemática sin cuantificación, geometría sin medida y física sin cálculo. Así, los actos del *medir* y del *cuantificar* se vuelven condiciones indispensables del proceso científico moderno que tiene como objetivo final *matematizar* el mundo.

Llegados a este punto, es importante subrayar dos puntos importantes:

En primer término, este planteamiento filosófico y epistemológico explicitado por Galileo en el siglo XVII (pero ya patente en el ambiente científico europeo desde el Renacimiento)⁵⁸⁵ de que la matemática es el lenguaje en el cual está diseñado - y puede ser comprendido - el Universo, es de hecho un presupuesto filosófico previo a cualquier actividad científica; en otras palabras, la ciencia moderna no llegó a esta premisa epistemológica haciendo experimentos o planteando ecuaciones sino que esta presupuesto filosófico se fue mostrando, desde la teoría y la práctica, como el camino adecuado para comprender y conceptualizar los fenómenos del mundo.

Y, en segundo lugar, esta concepción filosófica significó una revolución epistemológica en sí misma pues a partir de su enunciación, y asimilación al interior de la ciencia moderna, el universo, en cuanto objeto de estudio inteligible, se transformó de manera radical: la naturaleza ya no sería más una suma de categorías y nociones metafísicas y teológicas abstractas tales como *substancia, forma, potencia, cualidad*, sino que en lo sucesivo el mundo sería concebido como un *conjunto ordenado y medible de fenómenos cuantitativos*.

En consecuencia, el nuevo lenguaje científico (tal como lo es para nosotros y lo fue para Caldas) se remite a la lógica, a la aritmética, a la geometría, al álgebra, al cálculo infinitesimal (y a sus muchas disciplinas constitutivas y alternas tales como la trigonometría, la geometría analítica, la topología, la estadística, etc.) y todo este constructo epistemológico se sustenta - y se aterriza en la realidad - en los sistemas metrológicos que utilizamos para *medir*, para *cuantificar* y para *matematizar* el mundo.

Así las cosas, la concepción filosófica y epistemológica que fundamenta la ciencia moderna es la premisa de que, primero, el mundo es inteligible y por lo tanto puede ser comprendido desde las

⁵⁸⁵ Como texto de ambientación y contexto, véase: LENOBLE, Robert. BELAVAL, Yvon. *La revolución científica del siglo XVII*. En: TATON, René. *Historia General de las Ciencias*. 5 Volúmenes. Ediciones Destino. Barcelona. 1972. Volumen II. Segunda Parte. pp.213-236.

facultades analíticas de nuestra razón y, segundo, que las matemáticas en su conjunto (escindidas en sus múltiples ramas tales como la el álgebra, la geometría, el cálculo, etc.) constituyen el instrumento lógico y formal más adecuado que hemos desarrollado para describir el comportamiento de la naturaleza.

Desde esta perspectiva, los fenómenos se transforman en manifestaciones *medibles* y *cuantificables* de leyes universales que podemos racionalizar y matematizar a través de ecuaciones ideales que, a su vez, nos permiten predecir el comportamiento de la naturaleza y comprender las pautas matemáticas que subyacen a cualquier fenómeno físico. Sin embargo, todo este proceso está atravesado por el hecho de que nuestras mediciones y cuantificaciones deben hacerse, forzosamente, a partir de sistemas metrológicos de referencia cuyas pautas y unidades nosotros mismos inventamos y definimos.

Y, como hemos visto,⁵⁸⁶ desde los siglos XVI y XVII la ciencia moderna europea utilizó para sus cuantificaciones numerosos sistemas metrológicos y patrones de pesos y medidas que dejaban mucho que desear en cuanto a exactitud y coherencia pero que, sin embargo, fueron utilizados profusamente y de manera un tanto anárquica pues, en la práctica, para calcular magnitudes tales como distancias, superficies, volúmenes, pesos y temperaturas, los científicos usaban indistintamente varios sistemas metrológicos y patrones de medida en función de la costumbre, la tradición, la nacionalidad o el entorno en el que trabajaban.⁵⁸⁷

Dentro de este contexto de inexactitud y confusión metrológica que imperó durante los siglos XVII y XVIII (y del cual Caldas fue partícipe como científico formado dentro de la tradición de la ciencia europea) se hacía cada vez más evidente el hecho de que, tanto a nivel científico como social, se requería con urgencia un nuevo sistema metrológico de referencia que solucionase el caos político y económico imperante por culpa del desbarajuste en los pesos y las medidas y que pudiese convertirse en el nuevo lenguaje universal, exacto y racional, de las ciencias físicas y naturales.

En respuesta a tan acuciantes problemas, el sistema métrico decimal fue concebido, a nivel filosófico y epistemológico, como un nuevo y revolucionario paradigma metrológico que, inspirado en las dimensiones de la Tierra y no en medidas subjetivas y falibles, aspiraba a convertirse en la nueva lengua común de las ciencias gracias a su exactitud y racionalidad evidentes y al hecho de que, por primera vez en la historia del pensamiento humano, se había inventado un sistema metrológico multidimensional que de manera lógica y matemática integraba las diversas magnitudes de distancia, superficie, volumen y peso.⁵⁸⁸

⁵⁸⁶ Véanse las secciones 9.1 y 9.2.

⁵⁸⁷ En cuanto a estudio sobre la metrología europea en el que se evidencia la gran cantidad de sistemas de referencia utilizados de manera un tanto aleatoria y simultánea antes del surgimiento del sistema métrico decimal, véase el ya citado trabajo de: ZUPKO, Ronald. *Revolution in Measurement: Western European Weights and Measures Since the Age of Science*. The American Philosophical Society. Philadelphia. 1990.

⁵⁸⁸ Cuando en la Francia revolucionaria de finales del siglo XVIII se creó e implementó el sistema métrico decimal, en un primer momento se trató de imponer también un calendario decimal (minutos de 100 segundos, horas de 100 minutos, días de 10 horas, semanas de 10 días, meses de tres décadas de 10 días cada una) e incluso se planteó transformar las medidas angulares para que, en lo sucesivo, la circunferencia no tuviera 360° sino 100° pero ninguna de estas dos iniciativas prosperó. A nivel económico, sí tuvo éxito la iniciativa de crear el *franco* como moneda constituida por 100

Es importante entonces no perder de vista este trasfondo filosófico y epistemológico que prefiguró la concepción teórica, la invención práctica y la aplicación instrumental del sistema métrico decimal.

Como nuevo sistema de pesos y medidas llamado a convertirse muy pronto, gracias a sus sobrados méritos y posibilidades, en el paradigma metrológico universal, el sistema métrico decimal resolvió a cabalidad las dos graves falencias que habían aquejado a la metrología occidental desde la antigüedad:

Por una parte, el sistema métrico logró imponerse consiguiéndose con ello la tan anhelada y necesaria unificación de los pesos y las medidas a partir de un solo sistema metrológico de referencia y, en el plano económico, social y político (y a pesar de las dificultades que acompañaron su implementación), se llegó por fin a tener solamente una ley y una medida que rigiera el trasegar de la vida cotidiana.⁵⁸⁹

Y, por otra parte, en el plano filosófico, científico y epistemológico, la invención del sistema métrico decimal significó un punto de inflexión en la historia del pensamiento pues, por primera vez, de manera explícita se había concebido y diseñado un sistema universal de medidas, lógico, aritmético y racional, que pudiese servir como lenguaje universal de las ciencias físicas y naturales en reemplazo de los obsoletos y defectuosos sistemas de medición tradicionales que habían surgido históricamente de manera un tanto aleatoria y se habían mantenido en uso gracias a la costumbre y a la tradición pero que nunca fueron pensados como lenguajes científicos avanzados y cuyas unidades de medida estaban muy lejos de ser adecuadas y funcionales para medir sistemáticamente, cuantificar con precisión, plantear ecuaciones y matematizar el mundo.

En relación a este último aspecto, el contraste entre el sistema métrico decimal y los antiguos sistemas metrológicos no podría ser más acusado: mientras las antiguas medidas habían surgido a partir de las realidades subjetivas de los usos cotidianos y siempre se caracterizaron por su inexactitud e imprecisión y un alto grado de incoherencia, el sistema métrico había nacido primero como una concepción teórica y un constructo racional en la mente de algunos de los científicos ilustrados más brillantes del siglo XVIII a partir de presupuestos filosóficos y epistemológicos cuyo objetivo final, más allá de cualquier aplicación mundana, era la consolidación de un verdadero sistema metrológico de referencia, lógico y matemático, de validez universal y que lograra integrar con precisión las diferentes dimensiones del mundo; tras su concepción filosófica, el sistema métrico había sido rigurosamente diseñado para que su unidad patrón se derivase del tamaño de la Tierra y, por eso

céntimos. Posteriormente, a lo largo de los siglos XIX y XX, el Sistema Métrico Decimal se amplió para transformarse en el Sistema Internacional de Unidades de Medida que especifica unidades patrón para las siguientes dimensiones: Longitud (Metro), Masa (Kilogramo), Tiempo (Segundo), Intensidad de Corriente Eléctrica (Amperio), Temperatura (Grado Kelvin), Cantidad de Materia (Mol) e Intensidad Luminosa (Candela). Para una exposición general del Sistema Internacional de Unidades, véase: *El Sistema Internacional de Unidades*. Centro Español de Metrología. 2019.

Disponibile en: file:///C:/Downloads/30362_elsistemainternacionaldeunidades_web.pdf

⁵⁸⁹ En relación a las dificultades políticas y sociales ligadas al proceso de implementación del sistema métrico decimal en la Francia revolucionaria de finales del siglo XVIII, véase: HEILBRON, J.L. "The Measure of Enlightenment". En: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. pp.207-242. Y: KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Siglo Veintiuno Editores. Madrid. 1980. Tercera Parte. Capítulo 23. pp.381-427.

mismo, resultase objetivo e inalterable más allá de los convencionalismos humanos; a continuación, se efectuó un minucioso trabajo científico sobre el terreno con la mejor tecnología disponible para que las mediciones geodésicas de las cuales se derivaría la longitud de la unidad patrón, el *metro*, arrojasen resultados de una altísima precisión y, finalmente, se procedió a realizar una contundente labor política y social que posibilitó que el nuevo sistema metrológico fuese implementado a cabalidad hasta que su uso, con el paso de los años, se volvió tan cotidiano y tradicional como el de los antiguos sistemas de pesos y medidas.

Al final, y más allá de las ventajas prácticas de la unificación metrológica en el plano social y económico, lo que surgió fue el gran lenguaje multidimensional de la medida y la exactitud que permitió el verdadero florecimiento de las ciencias físicas y naturales que se han consagrado como el instrumento por excelencia a través del cual comprendemos el universo.

Todo este trasfondo filosófico y epistemológico que prefiguró la concepción y la materialización del sistema métrico decimal también es aplicable a las circunstancias de Francisco José de Caldas pues resulta enriquecedor analizar su trayectoria científica desde las categorías teóricas que hemos señalado en las páginas anteriores.

En primer lugar, es interesante observar la manera en que Caldas, a pesar de haber sido durante gran parte de su vida un personaje aislado cultural y geográficamente de las dinámicas académicas e intelectuales que estaban produciendo una verdadera revolución filosófica y epistemológica en el contexto de la ciencia europea, terminó participando plenamente de este tránsito epistemológico hacia el nuevo paradigma de la cuantificación de los fenómenos, la exactitud y la matematización del mundo.⁵⁹⁰

Es claro que, en los comienzos de su vida científica, Caldas también padeció las falencias propias de los sistemas de medición tradicionales y, además de sus carencias materiales, académicas e instrumentales, también tuvo que aprender sobre la marcha el uso de los esquemas metrológicos imperantes en las colonias españolas que, en la práctica, eran los únicos referentes cuantitativos que podía utilizar pero que también dificultaban enormemente la medición coherente y precisa y hacían de la cuantificación de los fenómenos algo falible y muy impreciso.⁵⁹¹

Si bien las medidas angulares sexagesimales utilizadas en astronomía para calcular latitudes y longitudes son las mismas que se utilizan en la actualidad, el resto de unidades de medida utilizadas por Caldas eran patrones tradicionales como las leguas, las toesas y las varas, que adolecían de los mismos defectos de imprecisión e incongruencia que se han señalado anteriormente.

Estas dificultades metrológicas se hicieron especialmente patentes en el trabajo hipsométrico de Caldas pues a la carencia de instrumentos y de libros se sumaba la problemática inherente a los

⁵⁹⁰ En relación al aislamiento cultural y científico de Caldas y a su anhelo permanente de integrarse a una comunidad letrada e ilustrada que pudiera validar sus trabajos dentro del contexto de la ciencia europea, véase: APPEL, John. *Francisco José de Caldas. A Scientist at Work in Nueva Granada*. The American Philosophical Society. Philadelphia. 1994. Específicamente, la *Section One: A Scientist in Search of Community*. pp.1-33.

⁵⁹¹ Como interesante y ameno repaso histórico y cultural sobre los usos de los pesos y las medidas en el entorno español, véase: CASTAÑO, José. *El libro de los pesos y medidas*. La Esfera de los Libros. Madrid. 2015.

múltiples, simultáneos y falibles (y muchas veces incompatibles) sistemas de medición en uso en lo relativo a escalas termométricas y a unidades de medida para calcular la altura del mercurio en el barómetro.

El proceso de dilucidar el funcionamiento de cada sistema de medición particular, aunado al esfuerzo de tratar de comprender el uso aritmético de múltiplos y submúltiplos de cada escala específica y, lo más complejo, tratar de encontrar pautas certeras de conversión entre unidades y sistemas diferentes podía transformarse en un embrollo calculístico de inmensas proporciones que hacía del trabajo de medición y cuantificación (ya de por sí difícil y complejo dadas las limitaciones instrumentales) un verdadero calvario de imprecisiones y de conversiones inexactas. Al final, la confusión metrológica hacía que tanto la medición como la cuantificación fueran defectuosas y tuvieran un gran margen de error y de inexactitud que conducía a que la matematización final del proceso resultara aún más compleja, imprecisa y difícil.⁵⁹²

De esta manera, en el comienzo de su trayectoria científica Caldas tuvo que asumir y enfrentar el caos metrológico que imperaba en el contexto de la ciencia europea del siglo XVIII. Si bien los escasos medios materiales que signaron los comienzos científicos de Caldas - en la medida en que no tenía ni libros ni instrumentos ni tampoco acceso a formación académica en ciencias -, pueden verse como una muestra del innegable desfase material y cultural existente entre la Europa continental y sus colonias americanas, el asunto del caos metrológico no es una consecuencia de la situación particular de Caldas ni tampoco de su aislamiento cultural y geográfico sino que era la gran tara de la ciencia europea y el mayor obstáculo que frenaba el avance científico en el siglo XVIII.

Y es interesante observar la manera en la que Caldas, desde la periferia colonial del entorno europeo, se debatió también en medio de esa confusión anárquica de sistemas, medidas y patrones cuantitativos defectuosos, caóticos e imprecisos. Resulta diciente, por ejemplo, su inquietud, en el transcurso de 1801, de enterarse de qué tipo de sistema de medición utilizaba Humboldt en sus observaciones meteorológicas: *"No olvide usted decirme de qué termómetro usó el Barón, o más bien, esos grados del calor del agua en Santafé y en Guadalupe, de qué escala son, porque sin esto no la puedo reducir a ninguna otra, y queda la noticia sin utilidad."*⁵⁹³

⁵⁹² Como ejemplo de esta abrumadora complejidad metrológica, sirva de ejemplo este análisis: *"Usando la regla de De Luc vemos que un aumento de 1 línea en el barómetro corresponde a $180/1134 = 0,1587... = 0,16$ °F de aumento en el punto de ebullición del agua, en un termómetro cuyo término superior se ha cerrado a la presión de 30 pulgadas inglesas. Luego a un aumento de una pulgada inglesa corresponde un aumento de aproximadamente 1,91 °F, lo que concuerda con el "algo menos de dos grados según la escala de Fahrenheit" que encuentra Caldas en Sigaud De La Fond. Si tenemos un termómetro en la escala de Réaumur, sellado a 28 pulgadas francesas, tal como lo supone Caldas, de modo que el punto de ebullición del agua, 80 °R, sería sensiblemente igual a 212 °F, es claro que a un aumento de una pulgada inglesa en el barómetro corresponderá un aumento de 0,848 °R en el punto de ebullición del agua; como hemos visto, éste es el valor que encuentra Caldas. [...] Si por otra parte, usamos un termómetro graduado según la escala de De Luc, es decir, dividido el intervalo entre el punto de congelación y el de ebullición del agua en 80 partes iguales, y sellado a 27 pulgadas francesas, tal como, lo hace De Luc, encontramos que a un aumento de una pulgada inglesa corresponde un aumento de 0,858 grados según De Luc, pues, según Maskelyne los grados Fahrenheit y los De Luc están en la proporción 178:80. Por tanto, dado que 30 pulgadas inglesas equivalen a 28,15 pulgadas francesas, a una pulgada francesa de aumento en el barómetro corresponde un aumento de 0,9150 De Luc o 0,904 °R."* ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*. p.131.

⁵⁹³ Carta 49 de Noviembre 6 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.135.

Se devela en este aparte mucho de la situación de anarquía metrológica imperante en el contexto de las ciencias físicas y naturales del momento y más aun teniendo en cuenta que la carta citada es de una fecha tan avanzada como 1801 cuando el sistema métrico decimal ya había sido inventado e implementado en la Francia revolucionaria pero aún no había logrado la tan anhelada y necesaria universalidad y seguía, como lo denota la anotación de Caldas, coexistiendo en la práctica con otros sistemas metrológicos.

Muy llamativa resulta también, en el mismo año de 1801, la referencia que hace Caldas a cierta 'barra' de metal que tenía en su casa de Popayán y que había recibido en préstamo de su primo hermano Jerónimo Torres Tenorio y, que a la sazón, era 'el patrón de medida' sobre el cual se podía calcular la 'verdadera' longitud de las pulgadas con las cuales se debía demarcar el tubo de vidrio de los barómetros que quisieran 'calibrarse' a partir de este cuestionable referente:

"La barra o se la dejé a él mismo [a Jerónimo Torres Tenorio], o está dentro de mis trastajos en casa: vaya Usted a esta y búsquela, devuélvala con esta antífona: 'Caldas desconfió' siempre de la exactitud de la barra, por lo tortuoso, y flexible, y por las curvas que habría adquirido en el transporte; que no es tan vano y orgulloso que cree perfecto lo que sale de sus manos como él: que sus medidas no las podía aventurar a una pulgada deducida de una barra tomada por un hombre que ignora los primeros elementos de la geodesia y que entiende tanto de Matemáticas como el negro que sirvió a M. de la Condamine; que ha venido a Quito, que ha tomado con sus manos una longitud de pulgada que Mr. Barón de Humboldt aprobó con admiración en mi Barómetro, y que bien puede hacer una llave o herradura de su decantada barra; que aproveche el tiempo de escasez y salga de ella cuanto antes.

[...] creo que Usted debe contestar esta carta atrevida en estos términos: 'Remito a Usted la barra, que no llevó a Quito C. [Caldas] por que iba a la fuente y por que desconfiaba de su exactitud para hacerla base fundamental de sus medidas como muchas veces me lo insinuó.'"⁵⁹⁴

Una barra torcida, flexible y curvada, arrumada entre los 'trastajos', traída a colación como posible 'base fundamental de medidas'... un apunte que, más allá de lo anecdótico, ilustra la tremenda falencia metrológica presente, en mayor o menor medida, en el trabajo cotidiano de los científicos de finales del siglo XVIII antes del triunfo justificado del sistema métrico decimal como sistema metrológico, reconocido, compartido y poco a poco universalizado, por todos aquellos que, como Laplace y Humboldt - y el mismo Caldas -, pronto supieron apreciar su excelencia y su potencialidad como nuevo lenguaje cuantitativo de las ciencias físicas y naturales.

Es muy posible que la primera aproximación que Caldas tuvo al sistema métrico decimal haya tenido lugar en los primeros meses de 1802 cuando convivió y trabajó conjuntamente con Humboldt y Bonpland en Quito pues ellos ya utilizaban el sistema métrico decimal (de manera simultánea con los sistemas metrológicos tradicionales aún en uso en las colonias españolas de ultramar); es claro que el Barón Humboldt ya había percibido las bondades y el potencial del sistema métrico decimal y

⁵⁹⁴ Carta 209 de Diciembre 21 de 1802 dirigida a Manuel María Arboleda y Antonio Arboleda Arraachea. pp.394-395.

recomendaba su uso a otros científicos así que es más que probable que, en el transcurso de sus exploraciones y trabajos científicos conjuntos, el naturalista prusiano haya enseñado a Caldas el nuevo sistema metroológico instruyéndole en su uso práctico e instrumental sobre el terreno ya fuese en observaciones topográficas o meteorológicas (incluyendo las mediciones hipsométricas).⁵⁹⁵

Sin embargo, el primer testimonio directo e incuestionable que tenemos del uso del sistema métrico decimal por parte de Caldas data de 1809 cuando en el ya mencionado escrito titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*⁵⁹⁶ utilizó, para calcular la altitud sobre el nivel del mar del piso del Real Observatorio Astronómico de San Carlos, la fórmula de nivelación barométrica ideada por Pierre-Simon Laplace que encontró transcrita en el *Traité élémentaire de physique* (publicado en dos volúmenes en 1803 y 1806) del sacerdote y mineralogista francés René Just Haüy. Al comienzo de su escrito Caldas escribió que: “Nosotros suspirábamos por una fórmula tan preciosa” y que “Nosotros hemos estudiado detenidamente este libro, y hemos aplicado la fórmula de que hablamos, a nuestro Observatorio.”⁵⁹⁷

Así, Caldas dejó constancia de lo mucho que anhelaba estar en posesión de la fórmula de Laplace y a continuación indica que ha ‘estudiado detenidamente’ el libro de Haüy hasta dominar la fórmula y lograr aplicarla al caso puntual del Observatorio. Este aparte es muy significativo pues evidencia dos hechos importantes: en primer lugar, que para 1809 Caldas ya se había aplicado con seriedad a estudiar un tratado de física recientemente publicado en el que se explicaba y utilizaba profusamente el sistema métrico decimal y por lo tanto es obvio que, para seguir y asimilar los razonamientos y ejemplos del libro, debió estudiar y entender tanto los fundamentos teóricos como el funcionamiento práctico del nuevo sistema metroológico;⁵⁹⁸ y, en segundo término, el escrito también demuestra que ya para entonces Caldas dominaba el sistema métrico decimal de manera práctica pues todo su escrito se articula sobre el uso experimental de la fórmula de Laplace midiendo y calculando, en *metros*, *centímetros* y *grados centígrados*, altitudes y temperaturas en las montañas andinas y en la costa caribe hasta obtener un resultado válido para la altitud del Observatorio.

Y el asunto no paró allí pues, como se anotó en el capítulo anterior, para 1814 Caldas seguía ocupándose de las nuevas metrologías al punto de incluir y destacar el tema en sus *Lecciones de Fortificación y Arquitectura militar dictadas en la Academia de Ingenieros de Medellín* cuando ya había

⁵⁹⁵ “Humboldt no habría podido sustraerse a esta costumbre [el uso de las medidas tradicionales], pero sin duda fue quien empezó a darle sentido al uso del metro y sus correlatos de pesos y medidas en la Nueva Granada. Las nuevas unidades fueron utilizadas por Humboldt en la descripción geográfica de estas regiones entre 1799 y 1803, principalmente en mediciones de altura a nivel del mar. De hecho el barón es reconocido como uno de los primeros naturalistas que empleó el metro en sus exploraciones. Por lo regular cada medida suya (en metros), aparece con su correspondiente equivalente en el viejo sistema (en toesas).” ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas, matematización de la naturaleza y sentimiento telúrico*. p.13.

⁵⁹⁶ Recuérdese que este texto fue publicado originalmente en los números 46 y 47 del *Semanario de Nuevo Reyno de Granada* en Noviembre 13 y Noviembre 20 de 1809.

⁵⁹⁷ *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. p.140.

⁵⁹⁸ Dado que el *Traité élémentaire de physique* de Haüy fue publicado entre 1803 y 1806, ya hacía un uso intensivo del sistema métrico en su faceta multidimensional (cálculo de longitudes, volúmenes, temperaturas y pesos) e incluía un breve aparte (Tomo I, páginas 34 a 39) titulado *De la nouvelle unité de Poids* en el que de manera sucinta se presentaba y explicaba el sistema métrico decimal. La obra puede hallarse en [Consultada en Septiembre 14 de 2019]:

Tomo I: <https://archive.org/details/traitlmentaired02hagoog/page/n469/mode/2up/search/grame>

Tomo II: <https://archive.org/details/traitlmentaired01hagoog/page/n11/mode/thumb/search/grame>

abandonado su cargo como director del Observatorio de Santafé y se encontraba en la Provincia de Antioquia desempeñándose como coronel e ingeniero militar del ejército patriota:

“[...] entonces hablaremos de la medida unibersal del péndulo de las nuevas medidas del metre y de todo lo que sea ejecutado para obtener una medida que tenga relación con el de nuestro globo.”⁵⁹⁹

De esta manera, puede rastrearse en la obra de Francisco José de Caldas un contundente tránsito teórico e instrumental hacia el uso del sistema métrico decimal en la etapa final de su trayectoria científica antes de que los agitados sucesos políticos posteriores a 1810 interrumpieran bruscamente sus investigaciones académicas y sus trabajos experimentales.

Como conclusión, consideramos importante destacar dos aspectos puntuales relativos a este tránsito metrológico hecho por Caldas al adoptar el uso del sistema métrico decimal:

En primer lugar, es importante subrayar el hecho de que, hasta donde tenemos noticia, Caldas fue el primer científico neogranadino en hacer el tránsito filosófico y epistemológico hacia el sistema métrico decimal en el contexto colonial de comienzos del siglo XIX y, también, el primero en usar las nuevas medidas métricas en el plano práctico e instrumental para realizar observaciones topográficas. A pesar de que en un primer momento podría pensarse que Caldas era un personaje demasiado aislado cultural y geográficamente de los epicentros científicos europeos que jalonaban la investigación científica en aquel momento y que tanto su formación académica como su mentalidad se encontraban ancladas en la tradición colonial muchas veces hostil al cambio, lo cierto es que Caldas con este tránsito metrológico hacia un nuevo sistema revolucionario se muestra, en realidad, como un personaje plenamente conectado a la vanguardia filosófica y científica de la ciencia ilustrada a pesar de su aislamiento, su anonimato y de la grave circunstancia de no hacer parte de una verdadera comunidad académica cosmopolita (más allá de los límites regionales de la Expedición Botánica).

Y, en segundo término, también es relevante anotar que, al final, toda la obra científica de Caldas quedó inconclusa: su trabajo sobre fitogeografía no trascendió y quedó olvidado entre los baúles de la Expedición Botánica mientras que los trabajos de Humboldt sobre la geografía de las plantas fueron publicados y tuvieron una amplia acogida y reconocimiento hasta el punto de valerle al barón prusiano el título de ‘Padre de la Geobotánica’;⁶⁰⁰ su trabajo sobre hipsometría también quedó trunco y, aunque Caldas en varias ocasiones expresó su deseo de finiquitar su investigación corrigiendo las fallas que presentaba su fórmula hipsométrica, el asunto no fue más allá de la publicación póstuma del *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*; y pasa lo mismo en lo relativo al uso del sistema métrico decimal pues, dadas las

⁵⁹⁹ *Lecciones de fortificación i arquitectura militar*. Página 17. Párrafo 25. (Ortografía original).

⁶⁰⁰ En relación al debate en torno al descubrimiento de la fitogeografía por parte de Humboldt y Caldas, véase: GÓMEZ, Alberto. “Alexander von Humboldt y la cooperación transcontinental en la Geografía de las plantas: una nueva apreciación de la obra fitogeográfica de Francisco José de Caldas”. En: *Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. International Review for Humboldt Studies*. HiN XVIII, 33. 2016. pp.22-49.

circunstancias políticas y vitales que arrastraron a Caldas entre 1810 y 1816, no es posible saber hasta qué horizontes hubiera llegado en su obra científica con la utilización de este nuevo y revolucionario sistema metrológico que se transformó, a fin de cuentas, en el lenguaje cuantitativo con el que medimos y matematizamos el mundo y cuyas excelencias y potencialidades sin duda Caldas alcanzó a vislumbrar.

Capítulo 11.

Perspectivas matemáticas y científicas.

La cuantificación multidimensional y la búsqueda de exactitud.

“En el momento en que las medidas lleguen a ser uniformes y decimales, cada uno podrá aprender en una hora lo que en el estado actual de las cosas no se conoce verdaderamente ni estudiándolo toda la vida.”

*La Feuille du cultivateur. Mesidor. Año III.*⁶⁰¹

Como se ha mencionado, la ciencia ilustrada del siglo XVIII marcó un punto de inflexión importante en la historia del pensamiento no sólo en lo relativo a la evolución de la racionalidad moderna sino también en cuanto al estatus de las matemáticas dentro del árbol de las ciencias.

Desde la antigüedad y hasta mediados del siglo XVIII, la matemática y la geometría fueron vistas como las disciplinas por excelencia de la racionalidad pura en la medida en que, más allá de su aplicación en campos como la astronomía, la música o la filosofía natural, constituían el ejercicio abstracto e ideal de la inteligencia sin importar su utilidad práctica; pero esta perspectiva filosófica cambió para finales del siglo XVIII pues, a partir de ese momento y gracias a la inspiración del pensamiento ilustrado, se asumió que la matemática podía, y debía, tener aplicaciones instrumentales y vincularse a la práctica científica inspirando la cuantificación intensiva de los fenómenos de la naturaleza.⁶⁰²

Así, las matemáticas se convirtieron en el verdadero lenguaje universal de las ciencias y empezaron a ser aplicadas en áreas tan diversas como - entre otras - la química, la física, la astronomía, la biología, la estadística y la meteorología (como en el caso de Caldas y sus estudios hipsométricos) y en todos estos campos, la matemática sirvió para cuantificar y matematizar el mundo y también aportó su estructura lógica al servir como ejemplo metodológico en relación a que, para llegar a la consolidación de teorías y paradigmas científicos, era necesario primero partir de axiomas para luego avanzar lógicamente hasta llegar a la formulación de leyes, principios y teorías. Y un ejemplo por excelencia

⁶⁰¹ La *Feuille du cultivateur* (que puede traducirse como ‘El periódico del campesino’) fue una publicación seriada impresa en París que circuló entre 1790 y 1805. Aparte citado en: VERA, Héctor. *A peso el kilo. Historia del sistema métrico decimal en México*. Libros del escarabajo. México. 2007. Introducción. p.15.

⁶⁰² “We see two phases in the 18th-century elaboration of this proposition. Until about 1760, “mathematics” was applied to the general exercise of reason (as opposed to mathematics itself and the quantified parts of astronomy and physics) more as symbol and slogan than as useful tool. [...] In the last third of the century, however, the equation of reason with mathematics inspired instrumentalist and quantitative approaches to a wide range of problems in various sciences, arts and technologies.” [“Vemos dos fases en la elaboración de esta proposición durante el siglo XVIII. Hasta 1760 aproximadamente, ‘la matemática’ fue aplicada al ejercicio general de la razón (como opuesto a la matemática en sí y a las partes cuantificables de la astronomía y la física) más como símbolo y consigna que como herramienta útil [...] En el último tercio del siglo, sin embargo, la ecuación de la razón con la matemática inspiró el instrumentalismo y la aproximación cuantitativa a un amplio rango de problemas en varias ciencias, artes y tecnologías.”] RÄNGSMYR, Tore. “The Mathematical Philosophy.”, en: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century. 1 – The Mathematical Philosophy*. pp.27-44. p.28.

de este uso de la matemática como modelo metodológico y como instrumento supremo de las ciencias es, justamente, la obra de Pierre-Simon Laplace de quien, como se ha visto, Caldas aprendió tanto la formulación teórica como la aplicación práctica de la ecuación para la nivelación barométrica.

En esta coyuntura de matematización de los fenómenos naturales y de cuantificación sistemática, en sintonía con los nuevos postulados del enciclopedismo y de la ciencia ilustrada del siglo XVIII, también es posible ubicar la obra del sacerdote y científico francés René Just Haüy en cuyo *Traité élémentaire de physique* Caldas conoció la fórmula de Laplace expresada ya en medidas correspondientes al sistema métrico decimal.

Y aunque en un primer momento podría pensarse que todos estos planteamientos matemáticos y científicos engendrados en el entorno ilustrado europeo que estaban transformando la mentalidad científica moderna no tenían ninguna trascendencia ni acogida en el lejano y aislado ambiente colonial del Nuevo Reino de Granada, lo cierto es que, gracias a personajes como Caldas, estas semillas de la cuantificación, la matematización y la introducción de nuevas y revolucionarias metrologías también estaban llegando y germinando dentro de los muy reducidos y modestos círculos ilustrados del virreinato.

Sin embargo, todo el entorno ideológico colonial estaba aún anclado a la tradición y era, en gran medida, reacio a adoptar novedades ideológicas que contravenían los usos y las costumbres que se habían seguido durante siglos; igualmente, la utilización de nuevos sistemas metrológicos – que evidentemente determinaban en el plano matemático y científico el tipo de cuantificación que se hacía de los fenómenos estudiados y su posterior matematización – resultaba demasiado vanguardista y alejada de la práctica cotidiana como para resultar viable. En este contexto de tradicionalismo ideológico y de reticencia al cambio, es notable el hecho de que Caldas, en 1809 y en su escrito *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*, haya sido el pionero en la introducción del uso del sistema métrico decimal en el entorno colonial y también que, por iniciativa personal, haya tenido el interés de estudiar la nueva metrología y de tratar de aplicar sus nuevas unidades de cuantificación en sus trabajos relativos al tema de las nivelaciones barométricas.⁶⁰³

De esta manera, y aunque la implementación del sistema métrico decimal en el entorno republicano se dio apenas a mediados del siglo XIX, es claro que Caldas alcanzó a vislumbrar la potencialidad del sistema y llegó a aplicarlo de manera práctica en sus observaciones barométricas e hipsométricas y

⁶⁰³ “A Caldas y a otros criollos ilustrados de la elite no les era desde luego ajena la importancia de las metrificaciones. Lo sabían por su relación con exploradores europeos como Humboldt y por la lectura de obras científicas dentro del nuevo paradigma como la aritmética de Lacroix o la física de Haüy. Pero el sello característico de su oficio de ingenieros y naturalistas, su habitus, y el entorno en el que lo ejercían habían sido moldeados para reproducir la tradición de las medidas francesas (toesas y pies). Más recientemente, en la segunda mitad del siglo XVIII, habían adoptado el sistema unificado de medidas castellanas (vara de Burgos) siguiendo el mandato de la Corona, pero sobre todo por las evidencias técnicas de su aplicación en nuestro territorio que encontraron en observaciones científicas y relaciones de viajes como las de Jorge Juan. El cambio cultural en dirección de las nuevas medidas francesas empezará a manifestarse en la generación siguiente de letrados que estaban destinados a fungir como ingenieros, políticos y dirigentes de la república a partir de los años 1830.” ARBOLEDA, Luis Carlos. *Introducción del Sistema Métrico Decimal en Colombia a mediados del siglo XIX*. En: MORALES, Yuri. RAMÍREZ, Alexa [Editores]. *Memorias I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana. Noviembre 2013. p.2. Disponible en: http://ciaem-redumate.org/memorias-icemacyc/Conferencia_paralela,_Arboleda.pdf [Consultado en Septiembre 18 de 2019]

también, en el plano matemático, se interesó por comprender tanto el manejo decimal de los múltiplos y submúltiplos de la unidad métrica fundamental como las conversiones de medida entre los antiguos sistemas y el nuevo paradigma métrico decimal.

Y así, la obra del científico neogranadino, aunque truncada violentamente e inacabada, es un fiel reflejo de las pulsiones filosóficas que estaban jalonando la ciencia ilustrada para comienzos del siglo XIX y, a su vez, puede verse en ella una muestra clara del rápido progreso del espíritu cuantitativo en pos de la racionalización y la matematización de la naturaleza.

Otra aspecto relevante a tener en cuenta es el hecho de que, a nivel matemático y científico, el sistema métrico decimal fue el primer sistema metrológico en concebir una cuantificación y medición multidimensional en la medida en que la misma unidad patrón, el *mètre*, podía desplegarse no sólo en múltiplos y submúltiplos en base diez (decámetros, hectómetros, kilómetros, decímetros, centímetros, milímetros, etc.) sino que también podía desdoblarse y pasar de ser una medida de longitud a ser una medida de superficie o de volumen y estas dimensiones podían relacionarse matemáticamente con patrones de peso como el kilo y la tonelada y con unidades termométricas como los grados centígrados.

Mientras los sistemas metrológicos tradicionales, además de su imprecisión intrínseca, se limitaban a nominar ciertas unidades patrón como la *toesa*, la *vara*, la *fanega* o el *celemín* que no tenían ninguna relación directa con medidas que no correspondiesen a su propia dimensión de longitud, área o volumen, el sistema métrico sí había sido explícitamente concebido para que pudiese aplicarse de manera multidimensional articulando matemáticamente – y de manera brillante – las longitudes con las áreas, los volúmenes, los pesos, e incluso las temperaturas.

En otras palabras, las antiguas medidas de longitud podían relacionarse con otras unidades longitudinales o las medidas de peso podían traducirse a otros patrones de pesaje y, aunque la conversión era imprecisa, se podía, por ejemplo - y en el antiguo sistema de pesos y medidas españolas -, relacionar, en longitudes, *varas* con *leguas* o, en pesos, *adarmes* con *quintales* pero era absolutamente impensable que una medida de longitud estuviese relacionada de alguna manera con una medida de peso o de volumen; en contraste, el sistema métrico había logrado articular de una manera genial longitudes con áreas, y éstas con volúmenes, y éstos con pesos, en un mosaico multidimensional que operaba con la sencillez de la aritmética decimal: podía tomarse un metro lineal como lado y hacerse un cuadrado y eso sería, como unidad de superficie, un metro cuadrado y, si se tomaban seis de esas superficies y se construía un receptáculo en forma de cubo, se obtendría un volumen de un metro cúbico que, al llenarse de agua destilada, pesaría una tonelada. Longitudes, áreas, volúmenes, pesos, temperaturas... todo integrado en un sistema metrológico multidimensional articulado a partir de un lenguaje matemático sencillo que, por primera vez en la historia del pensamiento, permitió a las ciencias realizar cuantificaciones y mediciones que se integraban unas con otras y que permitían alternar entre magnitudes y dimensiones con la facilidad de la aritmética decimal.

Ahora bien, es claro que la hipsometría fue uno de los temas preferidos de Caldas en el terreno científico y, en este contexto, su trabajo instrumental se concentraba en realizar mediciones

termométricas del punto de ebullición del agua en diversos entornos naturales para relacionar esos registros con mediciones barométricas indicadoras de la presión atmosférica para derivar, de esa relación entre temperaturas y presiones, la altura sobre el nivel del mar de los lugares estudiados. Al principio de su práctica experimental, Caldas utilizó, para las mediciones de temperatura, las escalas termométricas de Réaumur y Fahrenheit; para medir la altura del mercurio en el barómetro, pulgadas y líneas y, para las mediciones de altitud, toesas o varas; pero es claro que una toesa no tiene ninguna relación dimensional con un grado Fahrenheit y una vara tampoco puede relacionarse con un grado Réaumur pues son unidades pertenecientes a dimensiones distintas y a sistemas metrológicos diferentes; y no obstante esta dificultad insuperable de estar realizando cuantificaciones paralelas en lenguajes metrológicos diferentes, en el plano instrumental Caldas estaba obligado a relacionar esas escalas y unidades disímiles en pos de lograr una matematización coherente del fenómeno estudiado: por ejemplo, para una variación de tantas pulgadas y líneas de altura del mercurio en el barómetro debía registrar una variación de tantos grados Réaumur en el punto de ebullición del agua.

Es claro que gran parte de las dificultades metodológicas del proceso (aparte de las limitaciones instrumentales) radicaba en el hecho de que, a nivel conceptual, no existía un sistema metrológico coherente que integrase en el plano matemático unidades de longitud (para calcular alturas sobre el nivel del mar) con grados de temperatura (para calcular el punto de ebullición del agua) y también resulta evidente que eso cambió con la invención del sistema métrico decimal pues ahora sí existía una relación conceptualmente clara y matemáticamente viable entre metros sobre el nivel del mar, centímetros y milímetros de altura del mercurio en el barómetro y grados centígrados en el termómetro.⁶⁰⁴ De esta manera, aunque se habían efectuado observaciones hipsométricas, topográficas y meteorológicas de todo tipo antes de la creación del sistema métrico decimal, sin duda este último sistema metrológico era el más idóneo para el estudio de la hipsometría en cuanto era éste un campo de estudio que operaba en un plano multidimensional al tratar de relacionar altitudes sobre el nivel del mar con presiones atmosféricas y con temperaturas de ebullición del agua y, justamente, ese tipo de transformaciones y conversiones entre diversas dimensiones y magnitudes era una de las grandes y revolucionarias innovaciones del sistema métrico decimal.

Llegados a este punto, resulta interesante plantear la pregunta de qué tanto hubiera podido avanzar Caldas en sus trabajos hipsométricos si hubiese conocido y manejado con anterioridad el sistema métrico decimal y la escala termométrica centígrada o si hubiese tenido tiempo para profundizar en su práctica o si el uso que hizo del nuevo sistema metrológico hubiera despertado un verdadero interés en el ámbito académico y científico del reino; sin embargo, la adopción del sistema métrico decimal en el Nuevo Reino de Granada fue un proceso tortuoso lleno de impedimentos técnicos y culturales y su implementación apenas llegó a darse a mediados del siglo XIX. El tránsito metrológico que hizo Caldas al usar por primera vez el sistema métrico en su artículo de 1809 sobre la elevación

⁶⁰⁴ Como aclaración cuantitativa, téngase en cuenta que un gramo - la milésima parte de un kilogramo - fue definido en un principio como el peso de un centímetro cúbico de agua destilada al nivel del mar y a una temperatura de 3,98° grados centígrados. Si se colocasen mil de esos centímetros cúbicos en un contenedor de forma cúbica cuyo lado tuviese una longitud de un decímetro (la décima parte de un metro) se obtendría un volumen de un litro que, si se llenase de agua en las condiciones descritas, pesaría un kilogramo y la temperatura necesaria para llevar a su punto de ebullición esa cantidad de agua, a nivel del mar, sería de 100° grados centígrados.

del Observatorio astronómico de Santafé no pasó de ser un intento solitario que, en un primer momento, no despertó mayor interés y tuvieron que pasar muchos años antes de que el tema del sistema métrico decimal empezara a tener una repercusión real en el ambiente académico, en el entorno científico y en los ámbitos social y político del reino.⁶⁰⁵

Ahora bien, en relación al tema de la hipsometría y los sistemas metrológicos en la obra de Caldas, nos parece pertinente consignar la siguiente consideración:

El texto más extenso que Caldas dedicó al tema de la hipsometría y al planteamiento de su descubrimiento sobre el principio termométrico para determinar la altitud sobre el nivel del mar de un lugar a partir de la temperatura del punto de ebullición del agua fue el *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* que redactó en Quito en abril de 1802, tras haber compartido con Humboldt y Bonpland, y remitió a José Celestino Mutis en Santafé. Es significativo el hecho de que Caldas, en los catorce años que van desde la escritura del texto en 1802 hasta su muerte en 1816, nunca publicase por iniciativa personal este manuscrito en el que daba cuenta del descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría que consideraba el hallazgo más importante de su trayectoria científica y en el que cifró sus esperanzas de obtener reconocimiento. No hay que olvidar que Caldas entre 1808 y 1810 fue el principal artífice y editor – y el autor más prolífico – del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* en el que aparecieron publicados numerosos artículos y memorias de su autoría; estos textos fueron no sólo escritos sino también seleccionados y editados por el mismo Caldas que los consideró lo suficientemente elaborados y meritorios como para someterlos a la lectura y escrutinio públicos y, en este orden de ideas, no deja de sorprender que el que quizá era su escrito más atesorado nunca fuese publicado.

¿Por qué razón Caldas nunca dio a la imprenta este *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* que representaba la puesta en papel de su hallazgo del principio termométrico de la hipsometría y también la materialización intelectual de varios años de trabajo sobre el tema de la altimetría en relación a las mediciones barométricas y termométricas?

La posible respuesta es que Caldas postergó una y otra vez la finalización y publicación del trabajo por dos razones muy concretas:

La primera de ellas era el hecho de que, desde un principio, concibió este *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*, como un esbozo de

⁶⁰⁵ “Antes de que se introdujera la enseñanza y aprendizaje de la aritmética decimal en los colegios y universidades, a partir de los años 1830, el medio más corriente para la difusión informal del sistema métrico decimal (SMD) en Colombia fueron las prácticas empíricas de medición de exploradores y naturalistas. Humboldt fue tal vez el primero en utilizar el metro en sus viajes por la Nueva Granada entre 1799 y 1803. No solo lo hizo personalmente sino que aconsejó a los criollos que importaran copias del patrón del metro, para lo cual les ofreció asesoría e intermediación con sus amistades científicas en Francia. Esta iniciativa temprana de apropiación y uso del metro fracasó, como posteriormente ocurriría con otras en el mismo sentido. Las circunstancias históricas de estos fracasos están relacionadas grosso modo con las vicisitudes de la empresa de organizar un estado republicano, dotado de los medios técnicos y políticos para introducir e imponer un nuevo orden de medida en un entorno social regido por los órdenes tradicionales de medición, fueran estos prehispánicos o monárquicos, de signo francés o español.” ARBOLEDA, Luis Carlos. “Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.” pp.178-9.

un texto mucho más completo y pulido que, finalmente, nunca escribió: *“Esta no es una Memoria, es un ensayo para formarla.”*⁶⁰⁶

Y la segunda razón por la cual el texto en cuestión nunca fue publicado es porque, como indica el mismo Caldas, era necesario efectuar muchas más observaciones en lugares diversos: *“¡Cuántos trabajos, cuántas observaciones faltan por hacer para darle la última mano! ¡Cuántas atenciones que yo he omitido por la escasez de mis instrumentos, es preciso observar y practicar!”*,⁶⁰⁷ y la realización de estas nuevas mediciones se vieron entorpecidas por al menos tres situaciones concretas:

La primera de ellas era la imposibilidad material de Caldas de contar con recursos suficientes que le permitiesen acometer una gran travesía por los Andes ecuatorianos que comenzara con la realización de mediciones hipsométricas en la cima del volcán Chimborazo y finalizara en las cercanías del puerto de Guayaquil para obtener datos barométricos y de altimetría a nivel del mar:

*“El Chimborazo, esta masa colosal, situada por 2 ½ grados de latitud austral, cuyas faldas descienden directamente hasta las costas del Pacífico y sobre quienes corre el camino que une a Quito con el puerto de Guayaquil, presenta toda la extensión y toda la comodidad imaginable para observar el calor del agua desde el término de la nieve hasta el nivel del mar.”*⁶⁰⁸

La segunda limitación consistía en *“...la escasez de mis instrumentos...”* pues, como se ha visto, las limitaciones instrumentales fueron una constante en el comienzo de la vida científica de Caldas (aunque eso cambió a partir de 1801 cuando Caldas empezó a recibir el apoyo de Mutis y, sobre todo, cuando, a partir de 1805, asumió el cargo del director del Observatorio astronómico de Santafé en donde, por fin, pudo disponer de un instrumental moderno y de primera calidad).

Y la tercera dificultad que entorpecía la realización de estas nuevas observaciones – y la más grave a nivel práctico y conceptual – era la inexactitud inherente a todas las mediciones anteriores hechas por Caldas e incluso la frustrante imprecisión presente en las cuantificaciones que había logrado consultar en sus libros:

“Tales fueron los resultados de mis combinaciones, resultados que no contentaban mi escrupulosidad. Ellos eran el producto de dos números que aún no conocemos bien. La elevación media del mercurio en el barómetro al nivel del mar bajo del ecuador y en sus inmediaciones, y lo que aumenta o disminuye el calor del agua por una pulgada de este instrumento, son cantidades inciertas.

A pesar de las observaciones hechas en Portobelo, en Panamá, Manta, Guayaquil, por los astrónomos Godin, Bouguer, De la Condamine, Juan, Ulloa, quedamos en la incertidumbre sobre la altura del

⁶⁰⁶ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* p.170.

⁶⁰⁷ *Ibidem.*

⁶⁰⁸ *Ibidem.*

barómetro al nivel del mar entre los trópicos. El tiempo que se mantuvieron estos sabios sobre nuestras costas fue muy limitado, y el resultado de sus observaciones, vario.”⁶⁰⁹

Y ¿qué vemos aquí si no es la frustración latente de un científico en busca de una exactitud cuantitativa que, por limitaciones instrumentales y metrológicas, está más allá de su alcance? ¿Acaso no es Caldas un ejemplo cabal de ese espíritu cuantitativo enfocado en la precisión y la medida que se estrella con una realidad material en donde reina no sólo la imprecisión sino también el caos metrológico?

Lo que subyace en el fondo de este trabajo incesante de Caldas por concretar una fórmula matemática que lograra conceptualizar y cuantificar a cabalidad la relación existente entre la presión atmosférica y el punto de ebullición del agua y que, por ende, permitiera derivar a partir de este último registro la altitud sobre el nivel del mar, es la búsqueda de la exactitud y la medida.⁶¹⁰

Es viable suponer que la causa última de la incapacidad de Caldas por concretar una matematización impecable del principio termométrico de la hipsometría, sustentada en una cuantificación exacta, puede encontrarse también en la falencia de un sistema metrológico preciso y coherente que le hubiera permitido alcanzar la tan anhelada exactitud a través de instrumentos universalmente calibrados según un sistema metrológico racional y estandarizado que, como lo hacía el sistema métrico decimal, superase las falencias intrínsecas de los sistemas tradicionales de medición.

En sentido estricto, Caldas nunca concluyó su trabajo sobre el principio termométrico de la hipsometría con una publicación definitiva sobre el tema ni tampoco llegó a plantear una fórmula matemática corregida y de validez universal que lograra describir con precisión la relación existente entre el punto termométrico de ebullición del agua y la presión atmosférica (y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar) puesto que descubrió que la fórmula que había hallado en un principio presentaba inexactitudes y arrojaba resultados deficientes en la medida en que se ampliaba el espectro de observaciones a lugares cercanos al nivel del mar y con grandes diferencias de altura en relación al entorno de los Andes payaneses y quiteños.

⁶⁰⁹ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* p.156.

⁶¹⁰ “Tengamos en cuenta que Caldas busca mejorar la imprecisión de datos que ha venido utilizando en su método de hipsometría, concretamente el valor de la presión atmosférica y de la temperatura de ebullición del agua a nivel del mar y en la vecindad del ecuador. Desde el comienzo del “Ensayo de Memoria” (parágrafo 10) Caldas reconoce la necesidad de viajar a Guayaquil para corregir estos datos con nuevas y exactas observaciones, y en el parágrafo 34 informa que sus dudas y escrúpulos sobre estos cálculos se habían confirmado en sus charlas con Humboldt.” En lo relativo a la postergación por parte de Caldas de la publicación del *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* y a su búsqueda permanente por lograr una mayor exactitud en sus datos y cuantificaciones hipsométricas, véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. *Introducción.* pp.17-29. (La cita anterior procede de la página 26). En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro.* Francisco José de Caldas 1768-1816.

Como conclusión tentativa en relación a las perspectivas matemáticas y científicas que es posible hallar en el trasfondo del tránsito técnico y epistemológico que Caldas alcanzó a hacer al adoptar el sistema métrico decimal, nos parece oportuno anotar tres puntos a considerar:

En primer lugar, es importante tener en cuenta el hecho de que las observaciones y mediciones de Caldas sobre el principio termométrico de la hipsometría resultaban especialmente complejas en relación al uso de los sistemas tradicionales de medición porque exigían una cuantificación que combinaba factores dimensionales diversos tales como presiones atmosféricas, temperaturas del agua hirviendo y altitudes sobre el nivel del mar; cada una de estas dimensiones de análisis se cuantificaba a partir de escalas y sistemas de medición diferentes (pulgadas de mercurio, grados Réaumur o Fahrenheit y toesas o varas, respectivamente) y eso hacía que las conversiones entre unidades de medición y el análisis cuantitativo de los datos resultase sumamente difícil e impreciso y que al final el grado de inexactitud de todo el trabajo cuantitativo resultase demasiado amplio e impidiese una matematización exitosa del fenómeno estudiado. Es evidente que para este tipo de prácticas, el sistema metrológico más idóneo conceptualmente y más eficiente a nivel observacional hubiera sido el sistema métrico decimal en razón de la integración multidimensional que plantea entre factores tales como las longitudes, los volúmenes, los pesos y las temperaturas.

En segundo término, es claro que la matematización de la naturaleza implica un alto grado de abstracción e idealización pues, en el mundo real, los fenómenos físicos se ven regidos y perturbados por infinitos factores alternos que hacen que la aplicación de las fórmulas matemáticas - etéreas e ideales - que concebimos para describir el universo resulte en gran medida imprecisa y aproximada.⁶¹¹ Y, en el caso de Caldas y de sus estudios hipsométricos, esta imprecisión inherente al mundo real se veía aún más exacerbada por el uso de sistemas de medición ineficientes y abstrusos que hacían que una cuantificación exacta y una matematización coherente de los fenómenos resultase impracticable y prácticamente imposible. Aunque el sistema métrico decimal no hace que el mundo sea menos impreciso, sí lo hace más medible y cuantificable y, por lo tanto, más matematizable.

Y, en tercer lugar, es muy interesante observar la manera como Caldas, a pesar de su aislamiento científico y de su modesta formación matemática, puede ser visto como un claro ejemplo de la búsqueda de la exactitud y del énfasis en la cuantificación y la medida que marcó el espíritu científico de la ciencia ilustrada en el tránsito entre los siglos XVIII y XIX. Al final, queda con Caldas la imagen de un meritorio científico que se esforzó toda su vida por educarse y capacitarse en los campos de su interés como la astronomía, la botánica, la topografía y la meteorología y que, a pesar de su aislamiento y soledad, logró participar del espíritu ilustrado de su época y llegó a vislumbrar, a aprender y a aplicar la potencialidad del sistema métrico decimal como nuevo lenguaje de la cuantificación, la medida y la matematización del mundo y sus fenómenos.

⁶¹¹ "En efecto, hacer física en nuestro sentido del término - no en el que Aristóteles le daba a este vocablo - quiere decir aplicar a lo real las nociones rígidas, exactas y precisas de las matemáticas y, en primer lugar, de la geometría. Una empresa paradójica si las hubo, pues la realidad, la de la vida cotidiana, en medio de la que vivimos y estamos, no es matemática. No es ni siquiera matematizable. Es el dominio de lo mutable, de lo impreciso, del 'más o menos', del 'aproximadamente'." KOYRÉ, Alexandre. "Del mundo del 'aproximadamente' al universo de la precisión." En: *Pensar la ciencia*. Ediciones Paidós. Barcelona. 1994. III. pp.117-145. p.118.

Capítulo 12.

Implicaciones técnicas e instrumentales del paso al sistema métrico decimal en las investigaciones hipsométricas de Francisco José de Caldas.

“En la ciencia de nuestro tiempo, ver quiere decir casi exclusivamente interpretar signos generados por instrumentos.”

El nacimiento de la ciencia moderna en Europa. Paolo Rossi.⁶¹²

Es claro que, como se ha mencionado, uno de los factores determinantes en el comienzo de la práctica científica de Caldas fue la precariedad instrumental; esta carencia de aparatos de observación y medición fue una permanente frustración y un obstáculo que limitó su autoformación experimental puesto que la carencia total de instrumentos, o la mala calidad de los que poseía, le dificultaron en gran medida, durante sus primeros años de trabajo científico, el realizar observaciones y cuantificaciones exactas en campos como la astronomía, la topografía y la meteorología (en especial en lo relativo a la hipsometría). Y aunque, entre los años de 1793 y 1795, Caldas se esforzó por adquirir algunos libros e instrumentos básicos que requería para empezar a ejercitarse en astronomía (pues fue ésta la disciplina que primero cautivó su interés) pronto se dio cuenta de que adquirir aparatos funcionales y de calidad estaba por fuera de sus posibilidades económicas.⁶¹³

Sin más alternativa, y con el ingenio propio de la necesidad, Caldas diseñó y elaboró con base en algunas ilustraciones de libros un simple gnomon con el que trató de iniciarse en las destrezas de las mediciones astronómicas pero comprendió que hasta que no pudiera disponer de al menos un telescopio, un sextante y un reloj, los caminos de la astronomía le estaban vedados: *“¿Pero que podía hacer en un país en que se ignoran hasta los nombres de cuarto de círculo, telescopio y péndola? [...] Un pequeño gnomon que hice construir me entretenía; [...] con sólo este instrumento estaban para mí como aniquiladas las estrellas y los planetas, y no podía dar un paso más en la ciencia que hacía mis delicias.”*⁶¹⁴

Así que, con pesar por verse obligado a abandonar temporalmente la astronomía a causa de su carencia de instrumentos científicos, Caldas optó por dirigir su atención a los estudios botánicos que no requerían del uso de aparatos sofisticados.

⁶¹² ROSSI, Paolo. *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Crítica. Barcelona. 1998. Capítulo quince. p.196.

⁶¹³ *“La élite de los Ilustrados en la Nueva Granada encontraba mucha dificultad para procurarse instrumentos científicos, ya que su adquisición estaba gravada por impuestos especiales; sólo hasta el 20 de Agosto de 1803 una Ordenanza Real suprimió los impuestos sobre instrumentos de astronomía y de física que los organismos públicos o personas particulares desearan importar al Virreinato con fines pedagógicos. En realidad, la aplicación de la medida oficial mencionada todavía no había entrado en vigor en 1804.”* CHENU, Jeanne. *Del buen uso de instrumentos imperfectos: ciencia y técnica en el Virreinato de la Nueva Granada (Segunda mitad del Siglo XVIII)*. p.57.

⁶¹⁴ *Carta 42 de Agosto 5 de 1801 dirigida a José Celestino Mutis*. p.114.

Pasado algún tiempo, y con mucho esfuerzo, Caldas pudo adquirir algunos instrumentos indispensables tales como un telescopio, un antiguo reloj inglés de péndulo y un cuadrante pero las dificultades operativas siguieron siendo un escollo frustrante en el momento de realizar observaciones y cuantificaciones dada la imperfección de los aparatos disponibles; para cuando empezó a interesarse en el asunto de la hipsometría, sus dificultades materiales se desplazaron a tratar de adquirir al menos un barómetro y un termómetro funcionales:

“No puedo expresar a usted la falta que me ha hecho en esta ocasión un barómetro: despechado, cogí el trozo que me quedaba del de don Fernando y otro de los residuos de los de Jiménez, los uní del mejor modo que pude, y después de mil fatigas lo llené y se suspendió el mercurio precisamente en la misma altura enunciada por Bouguer de 22 p. 10 $\frac{3}{4}$ líneas: lo llené, volví a llenar, y siempre lo mismo: éste es el que me ha servido y debe servirme en mi expedición futura, pero lo miro con desconfianza y conjuro a usted para que, sea del cielo o de la tierra, saque usted un barómetro: ármese usted de daga y espada, y arrostre al que lo tenga: se me ha dicho que en el espolio del señor Compañón quedó uno, y usted me habla de otro de Lozano; válgase usted de todos los recursos de su genio para conseguirlo: para este fin le remito una onza, que es lo más que puede valer. El de don Fernando era excelente, y no me pidió sino doce pesos; vea usted si Jiménez quiere venderlos todos; ajústelos, cómprelos, y avíseme.”⁶¹⁵

Y lo mismo en lo relativo a la necesidad de agenciarse un termómetro:

“Solo, aislado, sin luces, sin libros, sin instrumentos, mi mano debe formar, yo he de ser el creador de cuanto necesite para poder dar un paso en los trabajos proyectados. El primero debe ser una observación del calor del agua en Popayán con un termómetro exacto. ¡Qué dificultad! Aún no he comenzado; ya estoy detenido en mis trabajos. Nada me acobarda, indago con el mayor cuidado y de todos modos si existe alguno en Popayán y en qué manos. Descubro dos, el uno de espíritu de vino que no me podía servir; el otro de mercurio hace el objeto de mis deseos; lo consigo sin dificultad; era de Dollond, cerrado en Londres; examino el término del hielo, y lo hallo exacto.”⁶¹⁶

La primera oportunidad que Caldas tuvo de conocer y manejar instrumentos científicos modernos y de primera calidad fue cuando convivió con Humboldt y Bonpland en Quito durante los primeros meses de 1802: *“No quise perder la brillante ocasión de comparar mis miserables instrumentos con los del señor Barón de Humboldt y hacer lo mismo con las observaciones verificadas en los lugares que nos eran comunes.”⁶¹⁷* Y, en esta coyuntura, Caldas disfrutó no sólo del privilegio de compartir tiempo y trabajos con dos de los naturalistas europeos más talentosos y reconocidos sino que también recibió de ellos instrucción en cuanto al uso operativo de los finos instrumentos que poseían: *“No puedo, no*

⁶¹⁵ Carta 36 de Mayo 20 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.87.

⁶¹⁶ Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro. p.159.

⁶¹⁷ *Ibíd.* p.171.

es posible meter en la corta extensión de una carta el cúmulo inmenso de luces y de conocimientos que he adquirido en varios ramos, y sobre todo en mi amada astronomía.”⁶¹⁸ Por su parte, y antes de conocerse, ya Humboldt había visto observaciones astronómicas y geodésicas hechas por Caldas y se había sorprendido al ver su precisión y pulcritud en razón de los defectuosos y artesanales instrumentos con los que se habían realizado.

Por lo demás, resulta muy interesante el inventario que el mismo Caldas hacía de la totalidad del instrumental científico de su propiedad en aquellos primeros meses de 1802 cuando se encontraba trabajando en compañía de Humboldt y Bonpland:

*“Es cierto que necesito de muchos instrumentos; pero yo poseo algunos tubos de barómetros, dos termómetros; si la bondad de mi protector añade algo en este género, ya tenemos lo que necesitamos para tantas observaciones físicas y meteorológicas. Tengo un optante de Hadley, una caja de reflexiones, y con esto puedo verificar las alturas correspondientes y absolutas de las estrellas, determinar mis latitudes en mar y en tierra, tomar ángulos en todas posiciones, medir montañas, etc. Poseo dos brújulas para las declinaciones, para arrumbar los terrenos: si el ilustre Mutis me franquea una de bolsillo ya estamos armados. Es verdad que no podré hacer nada en cuanto a las inclinaciones; pero no se puede hacer todo. Tengo un estuche, algunos reactivos químicos para analizar aguas; pero nada tengo para el tiempo, ni para ver en el cielo; una péndola y cronómetro y un telescopio son las piezas que me faltan y que necesito absolutamente.”*⁶¹⁹

Para fortuna de Caldas, por aquellas fechas su amigo y mecenas, el también payanés y sacerdote Manuel María Arboleda, se interesó por apoyarle en sus trabajos y le escribió a Quito para decirle que pidiese a Humboldt una lista de libros de ciencia e instrumentos científicos de lo más selecto para adquirirlos con los dineros que se recogerían con una colecta pública entre amigos en Popayán; una vez adquiridos, los libros y los aparatos serían puestos a disposición de Caldas para que siguiera adelante con sus muchos proyectos pero ahora dotado de un instrumental de primera calidad:

*“Todo el tiempo me lo ha absorbido en este correo don Manuel María con un proyecto que lo va a inmortalizar a él, a su casa y a Popayán. Ha pedido por mi mano al Barón una lista de libros y una colección de instrumentos; la ha formado de lo más soberbio que puede imaginarse, y me ha hecho planes de trabajos futuros que me pueden inmortalizar. Yo estoy fuera de mí, no soy capaz de pintar mis ideas y mis proyectos.”*⁶²⁰

⁶¹⁸ Carta 58 de Febrero 6 de 1802 dirigida a Antonio Arboleda. p.159.

⁶¹⁹ Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica. pp.299-300.

⁶²⁰ Carta 57 de Febrero 6 de 1802 dirigida a Santiago Arroyo. p.156.

Por su parte, Humboldt recibió con beneplácito la iniciativa y elaboró las listas pedidas anexando sendas recomendaciones a sus conocidos en Europa para que atendiesen la solicitud.⁶²¹ Pero el asunto no se concretó porque falló el apoyo económico prometido; sin embargo, Humboldt decidió venderle algunos de sus propios instrumentos y, por otros medios, Caldas consiguió otros aparatos igualmente valiosos de modo que llegó a disponer, para mediados de 1802, de un instrumental científico de primera calidad en el que se incluía, entre otras cosas, un cuarto de círculo manufacturado por el reconocido fabricante inglés John Bird, un péndulo de Graham, un telescopio Dollond, un octante Hadley y barómetros y termómetros facilitados por Mutis.

Y así, aunque la relación con Humboldt y Bonpland tuvo un final algo abrupto a mediados de 1802, lo cierto es que el científico neogranadino quedó en posesión de un excelente instrumental científico y, aún más, recibió por parte de los naturalistas europeos una instrucción teórica y técnica sobre el uso de los aparatos que incluía, evidentemente, el aprendizaje y la práctica de los sistemas metrológicos utilizados en las escalas de medición aparejadas a los instrumentos. Por lo demás, en ningún otro ámbito del virreinato Caldas hubiera podido adquirir ni el conocimiento ni la práctica sobre instrumental científico que tuvo en aquellos meses pues, primero, en el reino no existían academias científicas y, segundo, nadie tenía los instrumentos finos y sofisticados de los viajeros europeos sobre los cuales Caldas pudo ejercitarse.

Ahora bien, es importante no perder de vista el hecho de que la ciencia moderna no es una actividad abstracta y metafísica sino que, indefectiblemente, se presenta como un ejercicio teórico práctico ligado al uso de instrumentos que amplían nuestra percepción sensorial y nos permiten medir y cuantificar los objetos y fenómenos de nuestro interés; los instrumentos científicos son mucho más que meros aparatos funcionales puesto que constituyen, de hecho, los mecanismos de observación y cuantificación a través de los cuales medimos, cuantificamos y modelamos el universo.⁶²²

De esta manera, el tránsito epistemológico y filosófico que efectuó la ciencia ilustrada del siglo XVIII hacia la precisión y la matematización estuvo signado en todo momento por el uso y desarrollo de instrumentos científicos que, en la práctica, multiplicaron la capacidad de percepción del ser humano y ampliaron el espectro de su sensibilidad al afinar de una manera sorprendente el nivel de observación, de medida y de precisión además de 'traer a la existencia' fuerzas y fenómenos desconocidos (y en principio imperceptibles) tales como pueden serlo la vida microbiana, la radiactividad, el magnetismo y la electricidad junto con el descubrimiento posterior de realidades como el electromagnetismo y las radiaciones de rayos X o rayos gamma que están más allá de nuestra percepción inmediata.

Así, el siglo XVIII, como momento de consagración de la ciencia moderna newtoniana y del espíritu ilustrado, presencié un desarrollo tecnológico sin paragón en la historia que repercutió en la

⁶²¹ : "El barón atendió el pedido y produjo una detallada y larga lista con indicación de los fabricantes de los instrumentos y con cartas de recomendación para que Lalande en París y Maskelyne en Londres y Brodhagen en Hamburgo, dirigiesen personalmente las compras y los encargos." ARIAS DE GREIFF, Jorge. "Caldas: inquietudes, proyectos y tragedias." En: En ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 - 1816*. Molinos Velázquez. Bogotá. 1994. pp.37-53. p.44.

⁶²² Véase: NIETO, Mauricio. "Scientific instruments, creole science, and natural order in the New Granada of the early nineteenth century." En: *Journal of Spanish Cultural Studies*. Volume 8. Issue 2. 2007. pp.235-252.

invención y perfeccionamiento de instrumentos científicos que llevaron la medición y la cuantificación de la naturaleza a fronteras que durante siglos habían resultado inalcanzables.

Disciplinas como la óptica, la astronomía, la mecánica, la química, la física, entre muchas otras, alcanzaron un nivel de observación, de precisión y de cuantificación que hubiera resultado poco menos que increíble para los observadores antiguos: mejores telescopios permitieron escudriñar los cielos como nunca antes y posibilitaron el descubrimiento de Urano en 1781 y de Neptuno en 1846 que están más allá de la percepción visual del ojo desnudo y de los anteojos astronómicos primitivos; a nivel óptico, del siglo XVI al siglo XVIII la capacidad de resolución angular de los telescopios se incrementó por tres desde un umbral de definición de 1 minuto de arco hasta llegar a los 20 segundos de arco mientras que, tan sólo en el transcurso del siglo XVIII, esa misma capacidad se incrementó doscientas veces pasando de resoluciones de 20 segundos de arco a definir distancias angulares de una décima de segundo; los relojes pasaron de un margen de error de diez segundos al día a finales del siglo XVII a un descuadre de sólo un quinto de segundo durante el siglo XVIII; barómetros y termómetros pasaron de ser, a comienzos del siglo XVIII, instrumentos imprecisos y poco confiables con frecuencia calibrados por los mismos experimentadores (con escalas de medición escritas en papel sujetas a los tubos, tal como hizo Caldas en sus comienzos) a aparatos de precisión que, a finales del siglo XVIII, aportaban lecturas de milésimas de pulgadas.⁶²³

Por lo demás, los instrumentos científicos constituían en la práctica, junto a los sistemas metrológicos, el mecanismo a través del cual los científicos podían cuantificar y traducir los fenómenos naturales a un lenguaje común gracias al cual podían racionalizar sus objetos de estudio y construir un saber común por encima de las diferencias ideológicas y políticas; en ese sentido, los instrumentos mismos pueden verse como los portadores del lenguaje matemático de la medida y la cuantificación.

En el caso de Caldas, es interesante observar la manera como el acceso a instrumental científico moderno y de buena calidad le permitió, desde la práctica de su trabajo experimental y a pesar de su aislamiento geográfico y cultural, participar directamente de las dinámicas de avance científico, desarrollo tecnológico y mejora en la cuantificación que estaban jalonando la ciencia ilustrada europea del momento. A pesar de ser un personaje aislado y sin contacto académico directo con el ambiente europeo, Caldas, gracias a sus destrezas instrumentales y al aprendizaje autodidacta del lenguaje común de los sistemas metrológicos y de la cuantificación matemática, logró vincularse a cabalidad a la tradición de la ciencia ilustrada.

Por lo demás, el desarrollo de instrumentos cada vez más sofisticados y precisos, aunado a la invención, a finales del siglo XVIII, del sistema métrico decimal, desencadenó un proceso de retroalimentación cada vez más fructífero: el deseo de medir y cuantificar dio origen a la creación de instrumentos científicos cada vez más refinados y exactos calibrados a partir de sistemas de medición cada vez más versátiles y potentes que, a su vez, permitieron afinar las observaciones y los registros a niveles antes insospechados y ese enriquecimiento exponencial de los datos dio lugar a lecturas

⁶²³ Sobre este avance sustancial en la capacidad de observación y en la precisión metrológica del instrumental científico a lo largo del siglo XVIII, véase: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. Introductory Essay. pp. 1-23. Y: EDE, Andrew. CORMACK, Lesley. *A History of Science in Society*. University of Toronto Press. 2017. *Chapter 6. "The Enlightenment and Enterprise"*. pp.169-206.

cada vez más complejas y precisas de los fenómenos que llevaron a una comprensión matemática y filosófica mucho más profunda de la naturaleza en su conjunto.

Y es claro que Francisco José de Caldas, a través de su incansable práctica científica, logró hacer parte de este proceso revolucionario del pensamiento que hizo de las ciencias físicas y naturales el lenguaje común y universal de la razón y del conocimiento a pesar de que su labor nunca logró trascender las estrechas fronteras culturales del virreinato.

Si bien es cierto que los precarios comienzos de la carrera científica de Caldas son una muestra del retraso material, académico y científico que imperaba en el entorno colonial del Nuevo Reino de Granada en relación a la vanguardia del pensamiento ilustrado europeo, también resulta muy claro que la trayectoria vital de Caldas y la coyuntura histórica que le correspondió vivir le permitieron superar ese sino de mala fortuna y sus claras falencias formativas a nivel académico y científico a pesar de que siempre tendió a considerarse desafortunado y signado por la mala suerte. En cierto sentido, es como si el mismo Caldas nunca se hubiera dado cuenta de que su labor científica, a pesar de las permanentes dificultades materiales y personales, era de hecho una verdadera avanzadilla de la ciencia moderna ilustrada en el Nuevo Mundo y una muestra clara del nuevo espíritu racional, cuantitativo y matemático que, por méritos propios, se estaba imponiendo como el nuevo paradigma del pensamiento científico (y que contaba, entre sus mayores logros, la concepción e implementación del sistema métrico decimal).

En paralelo a los claros avances instrumentales y metrológicos que se estaban dando en Europa, podemos afirmar que el momento culminante de la vida científica de Caldas tuvo lugar en 1805 cuando, tras permanecer en Quito durante cuatro años, regresó y se radicó en Santafé bajo las órdenes del sabio Mutis recibiendo el importante cargo de Director del recién construido Real Observatorio de San Carlos que detentaba el mérito de ser el primer observatorio astronómico fundado en el Nuevo Mundo y, además, estaba dotado con un fabuloso instrumental científico listo para estrenar y estaba emplazado en una magnífica ubicación geográfica que, por su cercanía a la línea del Ecuador, permitía contemplar cómodamente las constelaciones australes que resultaban inobservables desde Europa.

La dotación instrumental del Observatorio era de una riqueza y calidad excepcionales y estaba completamente disponible para todos los proyectos de Caldas, quien debió experimentar un gozo inefable al encontrar todos esos fabulosos instrumentos a su alcance y disposición; el aprendiz autodidacta que había empezado su carrera sin libros ni instrumentos y cuyos primeros aparatos habían sido artesanías hechas por él mismo, se vio entonces elevado a la dignidad de director del primer observatorio astronómico de las Américas y en posesión de un instrumental científico digno de cualquiera de las más selectas asociaciones científicas europeas:

“Los instrumentos donados por Su Majestad son: un cuarto de círculo de Sisson, dos teodolitos de Adams, dos cronómetros de Emery, dos termómetros de Nairne, dos agujas portátiles y seis docenas de tubos para barómetros. Pudiéramos ahora añadir a esta lista un péndulo, un instrumento de pasajes, dos acromáticos con retícula romboidal, y aparato astronómico de Herschel para las estrellas, que el Excelentísimo señor

Marqués de Sonora destinaba para la Expedición; pero por una desgracia funesta a los progresos de la astronomía entre nosotros, se perdieron en Cádiz los tres cajones que los contenían. Los que el celo del señor Director ha adquirido son: cuatro acromáticos de Dollond, de diferentes longitudes; tres telescopios de reflexión, del mismo artista; un grafómetro, octantes, horizonte artificial, muchas agujas, termómetros de Dollond, barómetros, globos, muchos anteojos menores, etc., y sobre todo un péndulo astronómico de Graham, obra maestra de este artista célebre, que sirvió a los señores académicos del viaje al Ecuador para la determinación de la figura de la tierra.

A todos estos debe agregarse un cuarto de círculo de John Bird, de 18 pulgadas de radio, con micrómetro exterior, que sirvió a Humboldt en su viaje al Orinoco y que don José Ignacio Pombo, del Consulado y comercio de Cartagena, compró a este sabio para mis expediciones a la Provincia de Quito, y que a mi regreso a esta capital deposité en el Observatorio. No es esto lo que únicamente tiene que reconocer este establecimiento a este ilustrado particular. Las excelentes tablas astronómicas de Delambre, sobre las observaciones de Maskelyne, las de nuestro Oficial de Marina Mendoza, las efemérides para muchos años, son debidas a su generosidad.”⁶²⁴

Y fue esta dotación instrumental la que permitió a Caldas alcanzar una cota de precisión sin parangón en el contexto de las investigaciones científicas del nuevo Reino de Granada convirtiéndolo, con mucho, en el mayor observador científico del virreinato, en el mejor astrónomo (a fuerza de único)⁶²⁵ y, también, en el más avezado ‘cuantificador’ de fenómenos naturales y en el más diestro ‘matematizador’ de estos mismos fenómenos; un digno representante de aquel ‘espíritu de la cuantificación y la medida’ tan relevante para la ciencia ilustrada del siglo XVIII a pesar de no formar parte de ninguna comunidad científica transcontinental y de estar ubicado, geográfica y culturalmente, en la periferia del contexto europeo.

Por otra parte, no hay que olvidar el hecho de que los instrumentos asignados al Observatorio eran, de hecho, verdaderos exponentes y transmisores de los ingentes avances científicos, técnicos y metrológicos que se venían sucediendo en Europa desde comienzos del siglo XVIII en lo relativo a potencia observacional, rango de precisión y capacidad metrológica. A su vez, estos aparatos, calibrados según pautas teóricas y escalas metrológicas de validez ‘universal’, hacían que, en la práctica, los científicos que efectuaban sus observaciones gracias a ellos se vieran automáticamente integrados dentro del espíritu filosófico y científico del momento pues los instrumentos mismos eran portadores de los cada vez mejores y más idóneos sistemas de medición y, por lo tanto, ‘traducían’ las cuantificaciones y los datos obtenidos al lenguaje universal de la matemática y la metrología aceptadas por la comunidad transcontinental de la ciencia ilustrada (y es claro que el sistema métrico decimal es el exponente más excelso de esta trascendental evolución metrológica).

⁶²⁴ CALDAS, Francisco José. *Descripción del Observatorio Astronómico de Santafé de Bogotá, situado en el jardín de la Real Expedición Botánica*. En: *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.49-53. p.50.

⁶²⁵ Como muestra de la pericia y rigurosidad de Caldas como astrónomo, véase: PORTILLA, José Gregorio. “Caldas y el gran cometa de 1807.”. En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. 41(159). Abril-Junio de 2017. pp.244-252.

En contraste con esta unificación instrumental y metrológica que Caldas alcanzó a vislumbrar y que poco a poco se fue extendiendo e imponiendo, a partir del finales del siglo XVIII y de la invención del sistema métrico decimal, en razón de sus evidentes beneficios prácticos, técnicos y epistemológicos, en el campo específico de la meteorología se había presentado, desde el siglo XVII, una gran problemática en el ambiente académico europeo debida al uso de instrumentos calibrados de acuerdo a las múltiples y disímiles escalas metrológicas que se usaban simultáneamente en razón de factores como la tradición, la nacionalidad o los dictámenes de los diversos gobiernos o instituciones científicas.⁶²⁶ En la práctica, esa simultaneidad metrológica implicaba que los datos obtenidos en determinado ámbito geográfico, lingüístico o cultural, con instrumentos fabricados y calibrados según pautas locales de acuerdo a las metrologías regionales, resultasen útiles y significativos solamente dentro de ese mismo contexto pues las cuantificaciones bien podían resultar inentendibles e intraducibles a otros sistemas de referencia.⁶²⁷

Por lo demás, algunos historiadores de la ciencia interesados en el tema de la recepción y adopción de la ciencia europea en el contexto de la América colonial de los siglos XVIII y XIX,⁶²⁸ ven en esta 'exportación' instrumental y unificación tecnológica, que implicaba la adopción de pautas matemáticas y metrológicas definidas por las academias y gobiernos europeos, cierta muestra de 'imperialismo cultural', de sometimiento y de dependencia ideológicos pues, tácitamente, se asumía que el único lenguaje científico válido era el definido e instituido por la ideología hegemónica europea que terminó por universalizarse e imponerse en las 'periferias coloniales' extinguiendo otros posibles lenguajes epistemológicos pertenecientes a tradiciones ajenas a la de la civilización occidental.⁶²⁹

⁶²⁶ Sobre esta interesante problemática, véase: FELDMAN, Theodore. *Late Enlightenment Meteorology*. En: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. pp.143-177. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century: "Even when instruments were available, their measurements were nearly useless unless the instruments were comparable – that is, unless instrument scales were interconvertible. Comparability of barometric observations posed no difficulty in principle, since the length of a mercury column serves as a natural scale for atmospheric pressure – though the variety of national and even regional units of length confused matters considerably. But the variety of scales for the thermometer greatly diminished the usefulness of temperature readings."* ["Aunque los instrumentos estuvieran disponibles, sus mediciones eran casi inútiles a menos que los instrumentos fueran comparables – esto es, a menos que las escalas de los instrumentos fueran convertibles entre sí. La comparabilidad de observaciones barométricas no tenía dificultad en principio, ya que la altura de la columna de mercurio sirve como una escala natural para la presión atmósfera – aunque la variedad de unidades de longitud nacionales e incluso regionales confundieron el asunto considerablemente. Pero la variedad de escalas termométricas disminuyó enormemente la utilidad de las lecturas de temperatura."] p.148.

⁶²⁷ A manera de ejemplo, piénsese en la dificultad cultural que podía implicar 'traducir' y convertir con precisión y exactitud matemática magnitudes tan disímiles como longitudes expresadas en *verstas* y *sazhen* dentro del imperio ruso a distancias 'equivalentes' expresadas en *leguas castellanas* y *varas de Burgos* o, en trámites comerciales interoceánicos, transformar, en relación a medidas volumétricas de líquidos, *quartilhos* portugueses a *acallis* mexicanos.

⁶²⁸ Sobre este interesante debate, véase el ya citado artículo: NIETO, Mauricio. "Scientific instruments, creole science, and natural order in the New Granada of the early nineteenth century." Y, también: GLICK, Thomas. "Imperio y dependencia científica en el siglo XVIII español e inglés; la provisión de los instrumentos científicos." En: PESET, José. [Coordinador] *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*. CSIC. Madrid. 1989. pp.49-63.

⁶²⁹ Piénsese por ejemplo en la valiosísima tradición de la astronomía maya y en su sistema de numeración vigesimal (incluso en el desarrollo arquitectónico y urbanístico de esta cultura) que terminaron por extinguirse pues las fuentes escritas fueron destruidas y cualquier saber remanente fue calificado, durante la colonia, como pagano e inferior bajo el dominio ideológico de la iglesia española. Véase: STRESSER-PÉAN, Guy. "La Ciencia entre los pueblos de la América precolombina." En: TATON, René. *Historia General de las Ciencias*. 5 Volúmenes. Ediciones Destino. Barcelona. 1972. Volumen I. Tercera Parte. Capítulo Primero. pp.463-473.

Más allá de los factores políticos en juego, lo cierto es que el desarrollo instrumental y la unificación metrológica fueron los factores decisivos que llevaron al conocimiento científico a un nuevo nivel de medida, cuantificación y precisión y, consecuentemente, a un grado de matematización de los fenómenos naturales nunca antes alcanzado; por lo demás, este desarrollo instrumental sin parangón en la historia de la técnica - y la matematización consecuente -, transformó definitivamente a las ciencias físicas y naturales en disciplinas eminentemente cuantitativas sustrayéndolas de los terrenos de lo metafísico y lo teológico.⁶³⁰

Y es muy significativo el hecho de que Caldas alcanzó a participar de ese momento de unificación y estandarización tanto de los instrumentos como de los sistemas metrológicos si bien él mismo, como científico y 'descubridor' del principio termométrico de la hipsometría, nunca logró integrarse a una verdadera comunidad científica transcontinental ni trascender más allá de las estrechas fronteras culturales e ideológicas del Nuevo Reino de Granada.⁶³¹

Sin embargo, es claro que este proceso de unificación tecnológica y metrológica no fue algo que ocurrió de manera instantánea ni en el trabajo individual de Caldas, ni en el limitado entorno científico colonial, ni tampoco en el ámbito de la ciencia europea, pues un cambio tan radical a nivel epistemológico y técnico necesariamente despertó grandes recelos y reticencias en un comienzo y hubo de esperar mucho tiempo antes de que el nuevo paradigma experimental terminara por acoplarse a la mentalidad y a la práctica científicas.

En el caso de Caldas, su uso del sistema métrico decimal en el año de 1809 no pasó de ser una cuestión coyuntural y limitada que no tuvo continuación al interior de sus trabajos científicos ni tampoco en el entorno académico del reino pues, en primer lugar, para 1810 comenzó la revolución independentista que sumió al Nuevo Reino de Granada en un caos de anarquía política y social en el cual Caldas se vio inmerso y que le implicó a la larga perder su trabajo como director del Observatorio astronómico, abandonar Santafé y suspender sus trabajos científicos para vincularse a los ejércitos patriotas como ingeniero militar y, segundo, el uso que hizo del sistema métrico decimal para calcular la altura del Observatorio fue una iniciativa personal que, evidentemente, no iba a cambiar repentinamente los usos y costumbres metrológicos de los siglos coloniales.

La implementación del sistema métrico decimal en la ahora independiente República de la Nueva Granada apenas se dio, por decisión gubernamental, en 1853 (treinta y siete años después de la muerte de Caldas) y, mientras tanto, siguieron rigiendo y utilizándose las viejas y conocidas medidas con toda su carga de vaguedad e imprecisión.

⁶³⁰ Como detallado estudio sobre la cuantificación y la matematización aplicadas al campo específico de la hipsometría, véase: FIELDMAN, Theodore. " *Applied mathematics and the quantification of experimental physics: The example of barometric hypsometry.*" En: *Historical Studies in the Physical Sciences*. University of California Press. Volume 15. N° 2. 1985. pp.127-195.

⁶³¹ En relación al fallido anhelo de Caldas por integrarse a una comunidad científica transcontinental en la que sus trabajos pudieran obtener algún reconocimiento, véase: APPEL, John. *Francisco José de Caldas. A Scientist at Work in Nueva Granada*. The American Philosophical Society. Philadelphia. 1994. Específicamente, la *Section One: A Scientist in Search of Community*. pp.1-33.

Así, más allá del importante y significativo tránsito metrológico que Caldas realizó en 1809 al usar el sistema métrico decimal - siguiendo la fórmula de la nivelación barométrica de Laplace que había obtenido del *Traité élémentaire de physique* de autoría de Haüy -, para 1811 volvemos a encontrarle enfrascado en explicaciones metrológicas respondiendo a las consabidas imprecisiones, incoherencias y confusiones sin fin de los antiguos sistemas de medición que acompañaron siempre sus quehaceres científicos:

“No es extraño que Usted no halle las 22p.11.2 de la verdadera altura del mercurio en Popayán con los barómetros que remitió Manuel Joseph, porque la pulgada de esas escalas es inglesa y la usual en que se observa es la francesa. También Usted comete un error en descender la medida, debiéndola subir desde el nivel de la cubeta. La pulgada que incluyo es la francesa y es la que Usted debe poner para hallar las 22p.11 en Popayán.”⁶³²

De esta manera, podemos mencionar algunas observaciones generales en relación a las implicaciones técnicas e instrumentales del uso del sistema métrico decimal por parte de Francisco José de Caldas al interior de sus investigaciones hipsométricas:

En primer término, es importante señalar el hecho de que a pesar de la lejanía geográfica y cultural que lo distanciaba de los epicentros científicos del momento, Caldas alcanzó a presenciar y a participar de la revolución instrumental y metrológica que caracterizó a la ciencia europea de finales del siglo XVIII; de hecho, Caldas, más que un mero testigo o espectador periférico, fue un digno representante de esta transformación tecnológica y conceptual que, a través de nuevos aparatos y de novedosos y superiores sistemas de medición, proyectó el desarrollo de disciplinas tan diversas (y afines a Caldas) como la astronomía, la topografía y la meteorología.

En segundo lugar, consideramos relevante relacionar lo antedicho con el argumento del profesor John Lewis Heilbron⁶³³ que sostiene que el desarrollo instrumental que se dio a finales del siglo XVIII puede escindirse en tres categorías en razón del uso específico de los aparatos y mecanismos empleados: por una parte, estarían los ‘instrumentos de medida’ como los barómetros y termómetros que vieron mejorada su precisión y su capacidad cuantificadora de manera extraordinaria; también se podría hablar de ‘instrumentos de exploración’ que (como los aparatos eléctricos y magnéticos) más que ofrecer cuantificaciones fueron diseñados para producir fenómenos aún no del todo comprendidos y, finalmente, estarían los ‘instrumentos de descubrimiento’ que, como los microscopios y telescopios mejorados, se enfocarían en una exploración más detallada y minuciosa del mundo natural a partir de una capacidad de observación cada vez más potencializada. No deja de sorprender el hecho de que Caldas, a pesar de sus claras limitaciones formativas y de su ignorancia de gran parte del acervo científico europeo, haya sido un instrumentista talentoso en el uso de aparatos de las tres categorías en la medida en que, desde el comienzo mismo de su trayectoria

⁶³² Carta 211 de Noviembre 21 de 1811 dirigida a Manuel María Arboleda. p.399.

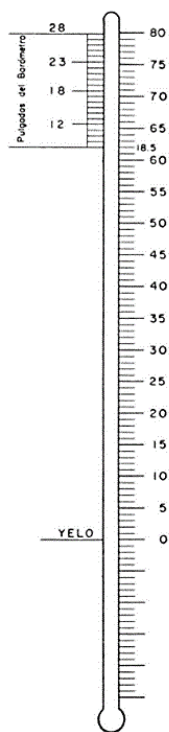
⁶³³ Véase el ya citado: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. Introductory Essay. pp. 1-23.

científica, se capacitó y ejercitó con gran destreza observacional en el manejo de aparatos como termómetros, telescopios, barómetros y octantes (y lo hizo con tal acierto y pericia que llegó a merecer las elogiosas palabras de Humboldt sobre su capacidad y maestría observacionales).

Es claro que, como el mismo Caldas lo mencionó, todo su trabajo en el campo de la hipsometría apuntaba, primero, a la concepción de una fórmula algebraica que lograra describir a cabalidad la relación existente entre la temperatura del agua hirviendo y la presión atmosférica (y por ende la altitud sobre el nivel del mar) y, segundo, a la invención de un nuevo aparato que, a partir del registro de la temperatura del punto de ebullición del agua en un lugar determinado, ofreciese una tabla de conversión que permitiese conocer la altura sobre el nivel del mar de dicho lugar:

“El termómetro es de poco valor, su transporte cómodo, no hay que purificar, no hay que llenar, no hay que purgar de aire, no exige cálculo de rectificación, en fin, no necesita, como el barómetro, otro instrumento auxiliar para obtener resultados precisos.

Se pueden simplificar de tal modo las observaciones del calor del agua, que el más ignorante, el menos versado en materia de física pueda por sí solo hacerlas y calcular las elevaciones. Añadiendo al termómetro una escala que indique las pulgadas del barómetro, es inútil el cálculo de reducción expuesto arriba, y se puede suprimir.”⁶³⁴



Esta ilustración de un termómetro con una pequeña escala barométrica anexa muestra el dispositivo hipsométrico ideado por Caldas: al sumergir el termómetro en agua hirviendo, el observador obtendría en la escala principal la temperatura de ebullición del agua en ese lugar específico; luego, le bastaría ver la escala anexa (arriba a la izquierda) para conocer la medida barométrica (indicadora de la presión atmosférica) correspondiente a esa temperatura de ebullición; finalmente, de esa lectura barométrica, en pulgadas de mercurio, el observador podría deducir la altura sobre el nivel del mar del lugar en donde se había realizado el experimento.

635

⁶³⁴ *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo.* pp.168-169.

⁶³⁵ Imagen tomada de: CALDAS, Francisco José de. *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro.* En: *Obras completas.* Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.153-173. p.173.

En el fondo, el instrumento propuesto no era más que un termómetro común con una escala anexa a la escala de temperatura en la que se indicara, al lado de los grados termométricos, su equivalente en pulgadas de la altura del mercurio en el barómetro y de este último registro barométrico, indicador de la presión atmosférica, se podría deducir la altura sobre el nivel del mar.

Pero más allá de factores como la mucha o poca sofisticación del nuevo instrumento ideado por Caldas, o de su frustración por no poder integrarse y obtener reconocimiento dentro del ámbito científico transcontinental, o de su postergado y fallido intento por hallar una fórmula definitiva para la nivelación hipsométrica a partir de la temperatura del agua hirviente que pudiese aplicarse sin restricción a cualquier altura y entorno (desde las nieves perpetuas hasta las costas marinas), lo cierto es que el trabajo científico de Caldas (y específicamente sus investigaciones hipsométricas) son un claro testimonio del espíritu cuantitativo y del desarrollo instrumental que caracterizaron a la ciencia ilustrada de finales del siglo XVIII.

A pesar de que se trató de un intento solitario y circunscrito a un problema específico que no tuvo una verdadera continuación, el tránsito epistemológico, cuantitativo e instrumental que Caldas alcanzó a realizar al utilizar - en 1809 y por primera vez en el Nuevo Reino de Granada - el sistema métrico decimal en sus trabajos de altimetría lo colocan como un verdadero representante y pionero, en la periferia de los epicentros científicos imperantes, de las nuevas metrologías y tecnologías que se estaban desarrollando y triunfando en el contexto científico europeo.

Capítulo 13.

Repercusiones sociales y políticas de la implementación del sistema métrico decimal en el contexto republicano.

“La fijación de las medidas es atributo del poder en todas las sociedades de organización desarrollada. El atributo del poder es conferir carácter de obligatoriedad a las medidas y guardar los patrones, que a veces poseen un carácter sagrado. El poder tiende a unificar las medidas vigentes en los territorios que están bajo su hegemonía, y, asimismo, castiga las contravenciones correspondientes.”

Las medidas y los hombres. Witold Kula.⁶³⁶

¿Qué repercusiones reales tuvo en el contexto académico, social y político del Nuevo Reino de Granada el tránsito epistemológico y científico que Caldas hizo al usar por primera vez el sistema métrico decimal en 1809?

Ante todo, es preciso subrayar el hecho de que a todo sistema de medición subyacen presupuestos teóricos y, también, nociones prácticas de cómo cuantificar y matematizar las cosas y los fenómenos del mundo cotidiano y, por ello, el asumir un sistema metrológico conlleva también el aceptar ciertos imaginarios culturales que van más allá del simple hecho de contar y de medir.⁶³⁷

Por lo demás, todo sistema de medición desempeña un papel central en la vida cotidiana de una cultura pues es a partir de él que se cuantifican y nominan las realidades del día a día: las distancias entre los lugares en los que se vive, la duración de los ciclos vitales, la fortuna que se tiene, la cantidad de lo que se necesita y el valor de lo que se adquiere o se vende. Así, los sistemas metrológicos juegan un papel preponderante en la organización económica, social y política de cualquier estado estructurado y se transforman en agentes determinantes de los atributos del poder.

En el caso específico del sistema métrico decimal, es claro que este modelo metrológico surgió, en principio, como respuesta a una anarquía económica y política generalizada en la Francia de finales del siglo XVIII pero, al haber sido concebido más por científicos que por funcionarios públicos o simples burócratas, tuvo desde su concepción unas proyecciones matemáticas y científicas que trascendían lo meramente político; al final, de esta combinación de presupuestos filosóficos,

⁶³⁶ KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Siglo XXI Editores. Madrid. 1980. Primera Parte. 4. p.22.

⁶³⁷ Cuando las civilizaciones más antiguas de la historia inventaron los primeros sistemas de cuantificación y medida, lo hicieron a partir de nociones teóricas que privilegiaron, por ejemplo, la base sexagesimal (como lo hicieron los antiguos pueblos mesopotámicos) quizá por considerar que el número 60 era ideal como base de un sistema cuantitativo dado el gran número de divisores enteros que posee (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30) y eso sería muy favorable en un contexto comercial para facilitar las transacciones; otros pueblos (como los romanos) prefirieron privilegiar la base decimal pues se relaciona de manera evidente con el conteo manual y tal vez por eso asumieron que el número 10 era el más obvio e inmediato como base numérica. A su vez, es un hecho común que las medidas primitivas de los pueblos antiguos se derivaban de las dimensiones del cuerpo humano (pie, paso, braza, etc.) y eso también evidencia una visión antropométrica en la que el hombre se ve - como afirmó el filósofo griego Protágoras de Abdera en el siglo V a.C. - como 'la medida de todas las cosas'. Véase: KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Primera Parte. Capítulos 1 al 5. pp.3-35.

proyecciones matemáticas, anhelos científicos y necesidades de organización política y económica, surgió el que quizá sea el mejor sistema metrológico inventado por el hombre y, también, el lenguaje cuantitativo más poderoso que condujo a un desarrollo técnico y científico sin precedentes en la historia.

Para cuando, en 1809, Francisco José de Caldas usó por primera vez el sistema métrico decimal en el Nuevo Reino de Granada tratando de aplicar la fórmula para la nivelación barométrica de Pierre-Simon Laplace para calcular la altura del piso del Observatorio astronómico de Santafé, el reino se encontraba en una situación agitada que, muy poco tiempo después, desembocó en una revolución política y social sin precedentes que significó el fin del régimen colonial y el intrincado comienzo de la vida republicana.

Antes de abordar las implicaciones sociales y políticas que, con el paso de los años, tuvo la implementación del sistema métrico decimal dentro del contexto republicano, resulta pertinente rastrear la acogida y repercusión académica que, en un principio, tuvo el cambio metrológico iniciado con Caldas al utilizar el nuevo sistema de medición.

Dado que el sistema métrico decimal había sido inventado en 1795 y su uso obligatorio en Francia se había decretado 4 de noviembre de 1800, es claro que, para los primeros años del siglo XIX, se trataba de una innovación técnica y teórica (y también política) muy reciente que tuvo que enfrentarse, tanto en el contexto europeo como en el entorno colonial neogranadino, al peso de la tradición y a la desconfianza que siempre generan las novedades en comparación con los viejos sistemas (por más defectuosos que éstos sean).

En el caso del Nuevo Reino de Granada, la primera prueba indiscutible del uso del sistema métrico decimal por parte de un criollo ilustrado es el artículo de autoría de Caldas sobre la elevación del Observatorio astronómico que apareció publicado, en dos entregas, los días 19 y 26 de noviembre de 1809 en los números 46 y 47 del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* (del cual Caldas era director y editor principal).

Antes de este uso explícito y depurado del sistema métrico decimal que hizo Caldas siguiendo la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace, los primeros antecedentes del uso del nuevo sistema metrológico en el territorio del Nuevo Reino de Granada se remiten a la figura de Humboldt quien, como joven erudito ubicado de lleno en la vanguardia del pensamiento científico europeo, traía consigo, a su llegada a Cartagena el 31 de marzo de 1801, el interés y la capacidad instrumental para levantar mediciones con las nuevas medidas métricas aunque siempre acompañaba su enunciación con la respectiva conversión a medidas tradicionales consciente de la novedad de la nueva metrología y de la reticencia que podía despertar su uso en estudiosos habituados a los viejos y consabidos sistemas de medición.⁶³⁸ Puesto que Caldas se encontró con el Barón Humboldt y su acompañante Bonpland el 31 de diciembre de 1801 en la ciudad de Ibarra cercana a Quito y compartió con ellos quehaceres científicos hasta junio de 1802, es claro que fue durante esa fructífera convivencia

⁶³⁸ Véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. "Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.". En: QUICENO, Humberto [compilador]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX*. Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230.

cuando Caldas conoció el nuevo sistema metrológico y aprendió su uso instrumental pues, como se ha mencionado, antes de conocer a los viajeros europeos, había escrito a su amigo Santiago Arroyo preguntándole en detalle sobre qué sistemas de medición usaba Humboldt: *“No olvide usted decirme de qué termómetro usó el Barón, o más bien, esos grados del calor del agua en Santafé y en Guadalupe, de qué escala son, porque sin esto no la puedo reducir a ninguna otra, y queda la noticia sin utilidad.”*⁶³⁹

Así, se evidencian dos circunstancias importantes: en primer lugar, queda clara la importancia que Caldas, como talentoso observador científico, concedía al conocimiento y utilización de los diversos sistemas de medición en uso y, en segundo término, es evidente el interés que Caldas sentía por conocer en detalle qué tipo de medidas y de sistemas de referencia usaba Humboldt pues estaba consciente de que, para que pudiera entender y sacar provecho de las mediciones termométricas del Barón, debía conocer el sistema metrológico que utilizaba y ser capaz de comprenderlo o, en su defecto, de realizar conversiones útiles a sus propios esquemas metrológicos.

Tras la separación de Humboldt, a mediados de 1802, Caldas continuó residiendo en Quito y, ya como miembro de la Real Expedición Botánica, adelantando trabajos (especialmente en botánica) bajo la dirección por correspondencia de Mutis desde Santafé. Si bien en aquel lapso (en los primeros meses de 1802) Caldas remitió a Mutis los dos trabajos más importantes que escribió sobre el tema de la hipsometría (la *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica* y, en abril, el *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*) en estos trabajos no aparecía ningún tipo de mención ni a metros ni al sistema métrico decimal y consideramos que eso posiblemente puede deberse a dos circunstancias concretas:

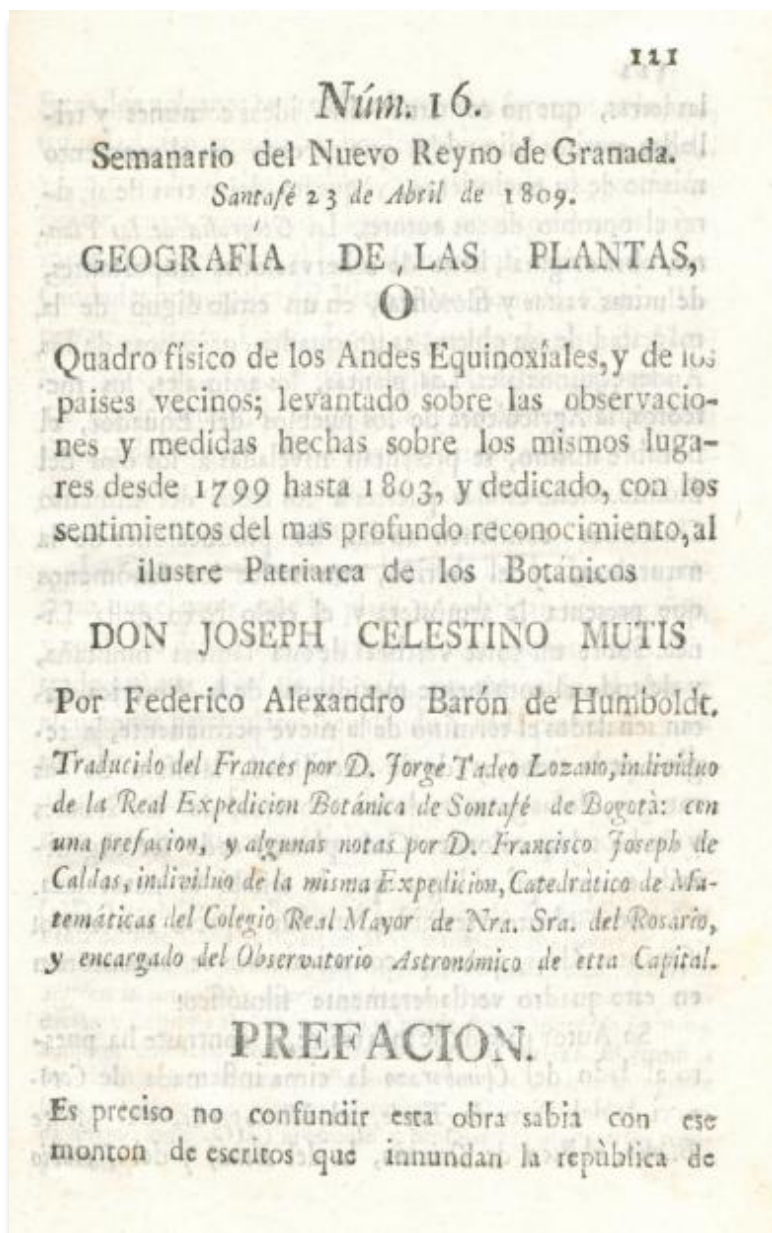
En primer lugar, se trata de trabajos que recogen las observaciones que Caldas había hecho desde los primeros meses de 1801 (desde antes de conocer a Humboldt y de entrar en contacto con Mutis y también desde antes de familiarizarse con el sistema métrico decimal) cuando la ruptura accidental de su termómetro lo llevó a descubrir el principio termométrico de la hipsometría y, por lo tanto, las observaciones y mediciones que utilizaba en esos trabajos estaban expresadas en unidades de medida como grados Réaumur, pulgadas y líneas y en unidades antiguas españolas como leguas y toesas.

En segundo término, es claro que la mentalidad científica de Caldas, enriquecida por su agudeza mental y su innegable talento observacional, había sido moldeada por los sistemas de cuantificación tradicionales y eso no iba a cambiar súbitamente por el simple hecho de conocer un nuevo sistema de medición por más atractivo e interesante que pudiera resultar en un primer momento y a pesar de la recomendación de Humboldt; en ese sentido, resulta obvio que Caldas no iba a realizar una conversión universal de las numerosas y valiosas mediciones sobre las cuales había logrado matematizar su tan preciado descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría a unas unidades metrológicas recién aprendidas que le resultaban extrañas y que aún eran ajenas a su mentalidad y a su labor cuantitativa.

Sea como fuere, es claro que el asunto de los sistemas metrológicos debió ser un tema relevante, tanto a nivel teórico como práctico, en la interacción entre Caldas, Humboldt y Bonpland durante 1802 y

⁶³⁹ Carta 49 de Noviembre 6 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. p.135.

que, en los años posteriores, siguió siendo una materia importante en el ambiente ilustrado del virreinato.



Número 16 del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* de Abril de 1809 en el cual empezó la publicación de la obra *Geografía de las Plantas* de autoría de Humboldt.⁶⁴⁰

Como hito relevante en relación al tema de los sistemas de medición en el contexto colonial, y como importante referente académico dentro del entorno intelectual del virreinato, es importante mencionar el hecho de que, en los números 16 al 25 del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*, entre el

⁶⁴⁰ Imagen tomada de: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/132628 [Consultado en Junio 16 de 2019]

Todos los números publicados del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* entre 1808 y 1810 están disponibles (en versión digital sobre el facsimilar original) para su consulta en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia en: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd [Consultado en Junio 16 de 2019]

23 de abril y el 25 de junio de 1809, fue publicado por entregas el texto titulado “*Geografía de las Plantas o Quadro físico de los Andes Equinoxiales, y de los países vecinos; levantado sobre las observaciones y medidas hechas sobre los mismos lugares desde 1799 hasta 1803, y dedicado, con los sentimientos del más profundo reconocimiento al ilustre patriarca de los Botánicos Don José Celestino Mutis por Federico Alexandro Barón de Humboldt*”⁶⁴¹ seguido de una nota explicativa que rezaba (ortografía original): “Traducido del Francés por D. Jorge Tadeo Lozano, individuo de la Real Expedición Botánica de Santafé de Bogotá: con una prefación, y algunas notas por D. Francisco Joseph de Caldas, individuo de la misma Expedición, Catedrático de Matemáticas del Colegio Real Mayor de Nra. Sra. del Rosario, y encargado del Observatorio Astronómico de etta [sic] capital.”⁶⁴²

En la Prefación que Caldas escribió como breve presentación del texto de Humboldt, decía:⁶⁴³

*“Esta obra nos toca muy de cerca, son nuestras producciones, somos nosotros mismos los objetos de que trata. Merece pues un lugar distinguido en nuestro Semanario, y que nuestros compatriotas la tengan en su lengua propia. El autor la escribió en francés, en la ciudad de Guayaquil, y la consagró al ilustre patriarca de los botánicos don José Celestino Mutis. Este sabio mantuvo el original inédito hasta su muerte, y ahora se publica en una traducción fiel y conforme al manuscrito del autor.”*⁶⁴⁴

Aunque para finalizar su breve introducción Caldas lamentaba que, por limitaciones de la imprenta, no pudiera publicarse un gráfico que acompañaba al manuscrito de Humboldt: “*Sentimos no poder acompañar a esta traducción la lámina interesante, y luminosa que formó el Autor para la inteligencia de esta obra. La falta de planchas y de Gravadores nos obligan a suprimirla.*”⁶⁴⁵

⁶⁴¹ *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Número 16. p.1. Todos los números publicados del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* entre 1808 y 1810 están disponibles (en versión digital sobre el facsimilar original) para su consulta en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia:

https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd [Consultado en Junio 16 de 2019]

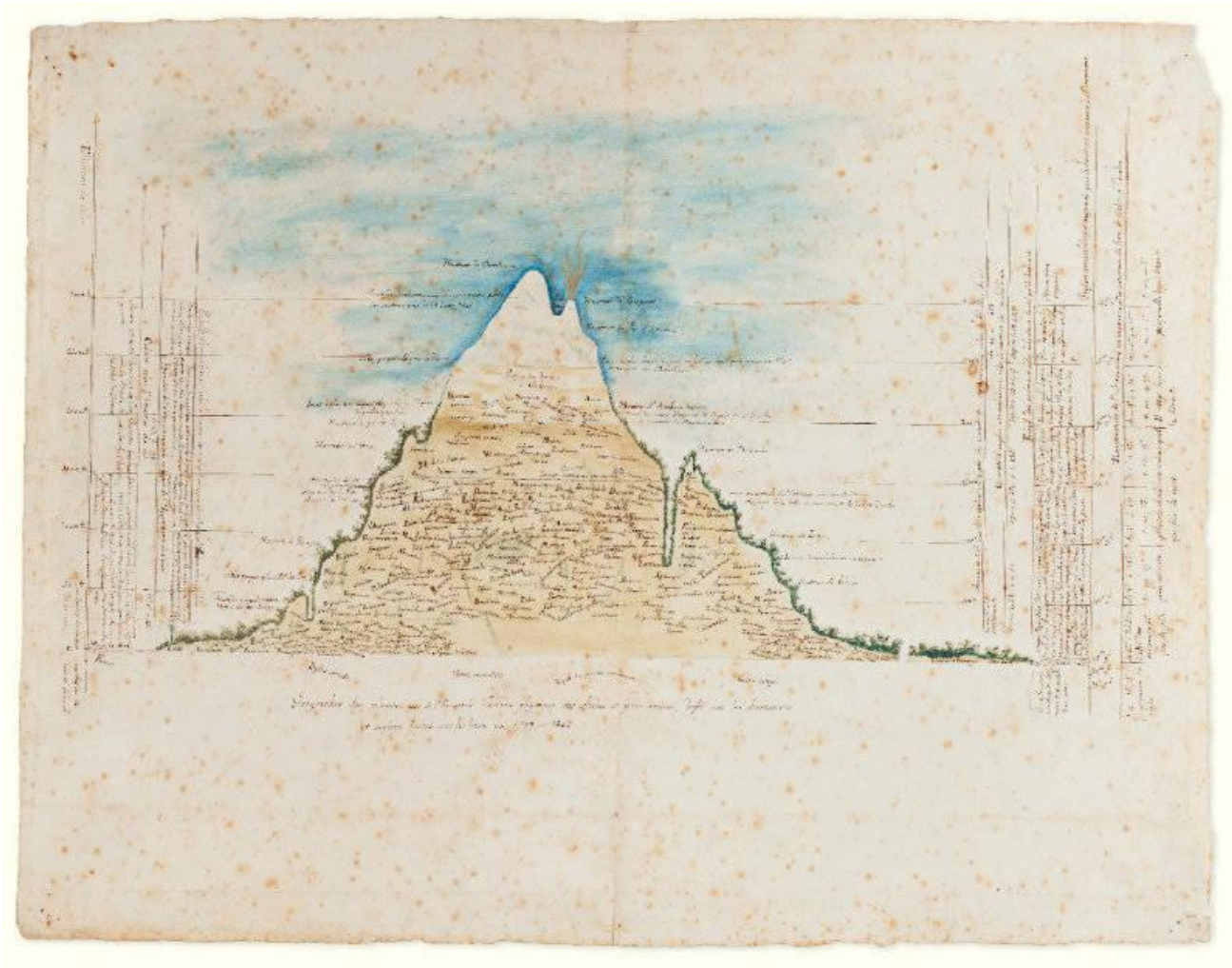
Y, para una edición moderna e integral, puede consultarse: *Semanario del Nuevo Reino de Granada*. Biblioteca popular de cultura colombiana. 3 Volúmenes. Editorial Minerva. Bogotá. 1942.

⁶⁴² *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Número 16. p.1. El texto completo de Humboldt, en una edición actualizada, puede encontrarse en: HUMBOLDT, Al. Von. BONPLAND, A. *Ideas para una geografía de las plantas más un cuadro de la naturaleza de los países tropicales*. Litografía Arco. Bogotá. 1985.

⁶⁴³ En relación a los trabajos de autoría de Humboldt publicados en el *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*, véase: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018. 6. 6.6. pp.235-242.

⁶⁴⁴ Esta Prefación también está publicada en: CALDAS, Francisco José. *Prefación a la Geografía de las Plantas*. En: *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. 1966. pp.383-399. p.384. Por lo demás, Caldas ya había conocido y hecho mención en una carta a Mutis en 1803 de este texto que Humboldt había remitido desde Guayaquil con destino a Santafé: “El señor Barón de Humboldt, que partió ha dos meses de Guayaquil, remitió a manos del señor Marqués de Selva Alegre un cañón de lata, que contenía una memoria sobre la geografía de las plantas. Este no sé por qué motivo la retuvo en su poder mucho tiempo, y no me la entregó para su remisión por mi mano, según la voluntad del mismo Barón. Yo la he detenido quince días para tomar una copia, y la remito ahora acompañada de una friolera mía, casi en el mismo género, que espero la reciba usted con bondad.”. Carta 81 de Abril 21 de 1803 dirigida a José Celestino Mutis. p.227.

⁶⁴⁵ CALDAS, Francisco. *Prefación a la Geografía de las Plantas*. En: Número 16 del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* del 23 de abril de 1809. Página 126. Disponible en: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd [Consultado en Junio 16 de 2019]



Acuarela que acompañaba el texto de Humboldt titulado *Geografía de las plantas en las cercanías del Ecuador* de 1803 y que no pudo ser incluido en la publicación del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*.⁶⁴⁶

Al continuar la publicación del manuscrito de Humboldt durante varios números, resulta interesante la acotación que Caldas hizo en una nota a pie en relación a las medidas utilizadas diciendo:

*“Todas las medidas de esta obra están expresadas en toesas. Esta medida extranjera no puede ser conocida de todos, y es importante que todos formen ideas exactas de las distancias, alturas & de quienes se habla en esta Geografía. Con este fin hemos convertido las toesas en varas de Burgos, según la relación establecida por nuestro ilustre D. Jorge Juan, y últimamente comprobada por D. Gabriel Ciscar. Para no alterar en nada el original, mantenemos las toesas en el texto, y por notas ponemos las varas de Burgos a que corresponden.”*⁶⁴⁷

⁶⁴⁶ Esta acuarela sobre papel hace parte de la colección del Museo Nacional de Colombia (registro 1204). Imagen tomada de:

<https://www.revistaarcadia.com/libros/articulo/humboldt-en-la-nueva-granada-reconstruyendo-sus-pasos/70792>. [Consultado en Junio 16 de 2019]

⁶⁴⁷ HUMBOLDT, Alexander von. *Geografía de las Plantas*. En: Número 18 del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* del 7 de mayo de 1809. Página 139. Disponible en:

Así, el aparte anterior demuestra que para mayo de 1809 Caldas continuaba usando las tradicionales medidas españolas y que, para facilidad de sus lectores, había decidido convertir las *toesas* (medida antigua de origen francés) usadas por Humboldt en las familiares *varas de Burgos* empleadas en el virreinato; por lo demás, es lógico que Caldas, para convertir las medidas del manuscrito de Humboldt, empleara las unidades de medida tradicionales españolas pues eran las que había usado - y usaría - durante toda su vida y, en la práctica, eran las unidades de medición establecidas y en uso en el entorno colonial neogranadino.⁶⁴⁸

Ateniéndonos a las fuentes escritas, la primera vez que el sistema métrico decimal apareció en letra de molde en una publicación neogranadina - editada y publicada por criollos ilustrados - fue en junio de 1809 en un artículo titulado "*Viage de Humboldt, y de Bompland, en lo interior de la América*" de autoría del erudito y librero francés Maximilien Samson Frédéric Schoell (1766-1833) y traducido del francés al español por el abogado payanés Miguel de Pombo y Pombo (1779-1816).

Una vez concluida la publicación de la *Geografía de las plantas en las cercanías del Ecuador*, seguidas por unas *Notas a la Geografía de las plantas* escritas por Caldas como comentario explicativo al texto de Humboldt, en la segunda página del *Número 25 del Semanario* - publicado el 25 de junio de 1809 - apareció en el mencionado artículo de *Viage de Humboldt, y de Bompland, en lo interior de la América*, el término *metros* sin que Caldas hiciera ninguna mención especial al asunto y sin que ofreciera tampoco la conversión a *varas de Burgos* como venía haciendo con las *toesas* del trabajo de Humboldt; por lo demás, la única mención del *metro* contenida en el artículo hacía referencia al hallazgo de ciertos huesos fósiles en las montañas americanas:

"Estos materiales, entre los cuales se hallará una noticia sobre los dientes de Elefante fosiles, que el [Humboldt] há encontrado á 2,600. metros de elevación sobre el nivel del mar, saldrán por quadernos, baxo el título de Observaciones, de Zoología y de Anatomía comparada, hechas en una Viage a los Tropicos."⁶⁴⁹

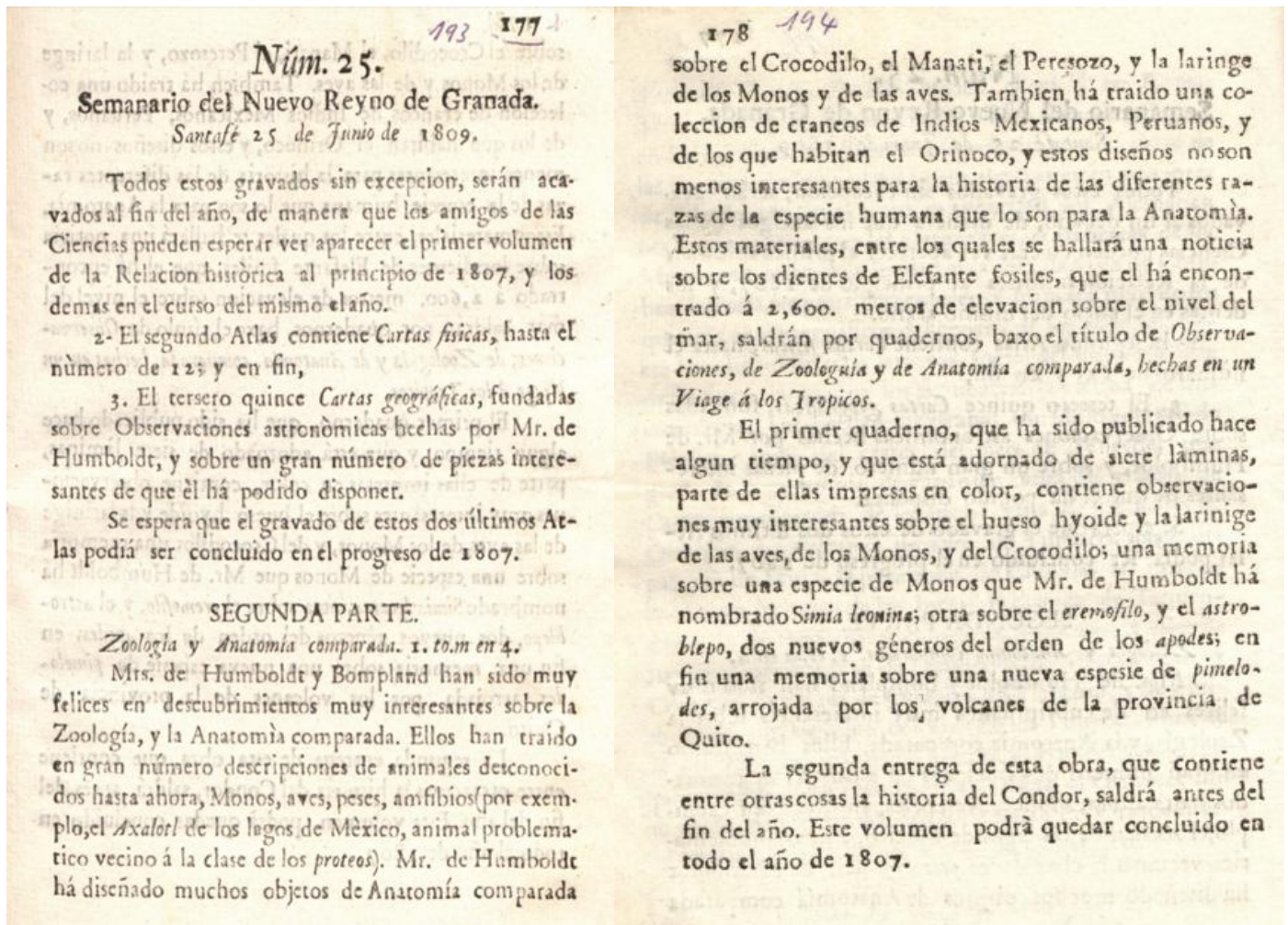
https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/132629. [Consultado en Junio 16 de 2019]

⁶⁴⁸ Para evitar confusiones, es importante mencionar que una edición integral del *Semanario del Nuevo Reino de Granada* apareció publicada, como un volumen independiente de 574 páginas, en París en 1849 a manera de recopilación de los artículos del diario que había circulado en Santafé entre 1807 y 1810. En esta nueva edición, mucho más cuidada y mejor impresa que el periódico original, se incluía de nuevo el texto de *Geografía de las plantas, ó cuadro físico de los Andes equinociales* de Humboldt pero en una versión más extensa que la que había aparecido originalmente en los ejemplares del *Semanario* e incluyendo el cuadro original que no se había podido imprimir a causa de las limitaciones de la imprenta de Santafé en 1809; en esta nueva versión se hacía un uso intensivo del sistema métrico decimal y todas las mediciones aparecían enunciadas, en el original, ya no en *toesas* sino únicamente en *metros* y no se transcribían a *varas de Burgos* ni a ninguna otra medida tradicional. Véase: *Semanario de la Nueva Granada. Miscelánea de ciencias, literatura, artes e industria. Publicada por una sociedad de patriotas Granadinos, bajo la dirección de Francisco José de Caldas. Nueva Edición. Librería Castellana. Lasserre, Editor. París. 1849.*

⁶⁴⁹ *Semanario del Nuevo Reyno de Granada. Número 25. Junio 25 de 1809.* Disponible en:

https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/132634 [Consultado en Junio 16 de 2019]

Así, esta primera mención de la unidad métrica en un medio impreso colonial se dio entre líneas y sin mayor trascendencia al interior de una noticia que no tenía nada que ver con distancias ni con mediciones barométricas de altitud y, al parecer, Caldas, como director y editor del *Semanario*, no le prestó una atención particular al asunto pues no le dedicó al término *metro* ninguna nota explicativa como sí lo hizo con muchos apartes del texto de Humboldt sobre la geografía de las plantas.



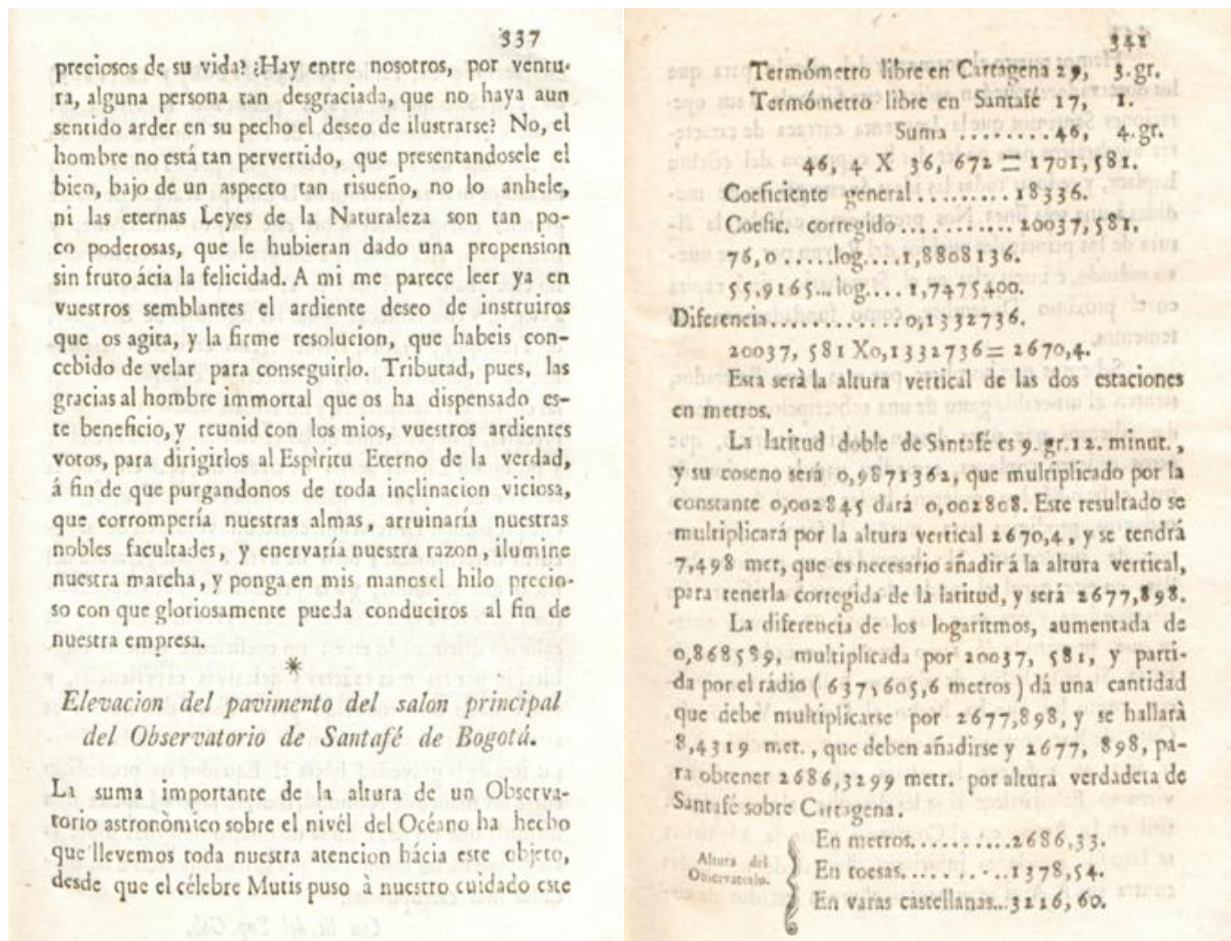
Número 25 del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* del 25 de junio de 1809 en el que por primera vez (noveno renglón de la página de la derecha) apareció el término *metro* en una publicación del virreinato.⁶⁵⁰

Pero cinco meses después de esta primera (y un tanto intrascendente) mención de unidades métricas, apareció publicado en los *Números 46 y 47 del Semanario* - los días 19 y 26 de noviembre de 1809 -, el artículo titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*⁶⁵¹ en el cual, como se ha mencionado, Caldas trató de calcular con la mayor exactitud posible la altura del

⁶⁵⁰ Imágenes tomadas de: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/132630 [Consultado en Mayo 7 de 2020]

⁶⁵¹ CALDAS, Francisco José. *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. En: *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.139-141.p.139.

piso del Observatorio astronómico de Santafé a partir de la fórmula para la nivelación barométrica de Pierre-Simon Laplace.



Edición original de noviembre de 1809 del artículo titulado *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá* en el que Caldas (como puede verse en la parte inferior de la página de la derecha) hacía uso del sistema métrico decimal.⁶⁵²

Y es en este trabajo científico en donde se da la introducción del sistema métrico decimal en el contexto colonial del Nuevo Reino de Granada pues, aunque Caldas en su escrito no hace ni una presentación general de las nuevas medidas ni una reflexión particular sobre el nuevo sistema metrológico, sí lo usa de manera profusa siguiendo las pautas de la fórmula de Laplace para determinar la altura sobre el nivel del mar del que podría considerarse el punto cartográfico más importante de todo el territorio - el Observatorio astronómico - en la medida en que sería el origen y el referente geográfico de todas las mediciones astronómicas y topográficas que se realizasen en el reino (y más aún a partir de 1810 cuando el nuevo régimen republicano se afaná por consolidar

⁶⁵² Imágenes tomadas de: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/132634 [Consultado en Abril 14 de 2020]

ideológicamente la noción de nación independiente desde todos los ámbitos culturales incluyendo, claro está, el entorno académico y científico).

Y muy significativa resulta también la observación con la que Caldas termina su artículo:

“Hemos puesto el pormenor del cálculo para que los observadores puedan aplicar esta fórmula a sus operaciones. Sentimos que la imprenta carezca de caracteres algebraicos para poder dar la expresión del célebre Laplace, y reducir todas las ideas de este género de medidas a una sola línea. Nos proponemos calcular la altura de los principales pueblos del Reino por este método, e insertarla en el Semanario, si no expira en el próximo diciembre, como fundadamente lo tememos.”⁶⁵³

Con esta declaración de intenciones termina este breve pero trascendental escrito: el propósito explícito de Caldas sería, en lo sucesivo, el de empezar a cartografiar el reino en su totalidad hasta lograr construir una carta geográfica de todo el territorio.

Y en relación a estas últimas y significativas palabras, vale la pena hacer dos reflexiones puntuales:

En primer término, no hay que olvidar que la hechura de una carta geográfica de todo el reino fue uno de los grandes anhelos de Caldas que nunca llegó a materializarse y, como testimonio, quedan sus propias palabras:⁶⁵⁴

“Puede ser que con el tiempo recoja bastantes materiales y un número suficiente de observaciones para levantar una carta correcta del Virreinato, objeto de mis deseos, y que sólo la muerte acabará.”⁶⁵⁵

“Yo he tenido por fin principal hacer interesante mi carta proyectada haciéndola servir a la política, al comercio, a la navegación, a la minería, botánica, caminos, ríos navegables, etc., etc. Contiene pormenores brillantes y puede ser que agrade.”⁶⁵⁶

“La carta geográfica del Virreinato de Vuestra Excelencia aún está muy imperfecta a pesar de los grandes trabajos de don Pedro Maldonado, de La Condamine, del señor Fidalgo, de Humboldt y de otros pocos que han puesto mano sobre este grande proyecto. Yo puedo lisonjearme de haber quitado algunos lunares, de haber aclarado muchos trozos y de haber contribuido con todas mis fuerzas a la perfección de la carta geográfica del Nuevo Reino de Granada.”⁶⁵⁷

⁶⁵³ Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá. p.141.

⁶⁵⁴ En relación a los trabajos cartográficos de Caldas, véase: DÍAZ, Sebastián. MUÑOZ, Santiago. NIETO, Mauricio. *Ensamblando la nación. Cartografía y política en la historia de Colombia*. Universidad de los Andes. Bogotá. 2010. Y: NIETO, Mauricio. *La obra cartográfica de Francisco José de Caldas*. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2006.

⁶⁵⁵ Carta 24 de Diciembre 3 de 1798 dirigida a Santiago Arroyo. p.58.

⁶⁵⁶ Carta 39 de Julio 5 de 1801 dirigida a Santiago Arroyo. pp.99-100.

⁶⁵⁷ Carta 134 de Julio 1 de 1809 dirigida al Virrey Antonio Amar y Borbón. p.301.

Y segundo, cuando Caldas dice que “*Nos proponemos calcular la altura de los principales pueblos del Reino por este método*” es claro que se refiere a la aplicación de la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace que, *per se*, está expresada en unidades de medida correspondientes al sistema métrico decimal y, por lo tanto, consideramos que esta afirmación puede entenderse en el sentido de que el nuevo sistema metrológico sería el llamado para dar cumplimiento al propósito de Caldas pues no tendría mucho sentido utilizar la fórmula de Laplace - originalmente expresada en sistema métrico - para obtener resultados enunciados en *metros* y luego realizar conversiones - forzosamente inexactas - a unidades como *varas* o *toesas* que, por pertenecer a sistemas metrológicos antiguos e inexactos, conllevaban un gran margen de error e imprecisión y que estaban cayendo en desuso bajo el exitoso ímpetu del sistema métrico decimal.

Y, finalmente, ¿no son las palabras de Caldas un llamado a la aplicación generalizada de una fórmula física novedosa aparejada de manera indisoluble a un nuevo sistema metrológico en el contexto científico y político del Nuevo Reino de Granada? ¿Qué insinúan estas palabras finales si no es un tránsito metrológico en toda regla hacia un nuevo sistema cuantitativo de medición?

El ambicioso propósito de Caldas de realizar el levantamiento de una carta geográfica general del reino en la que apareciesen detalladamente descritos todos los elementos naturales y culturales importantes nunca se concretó y terminó aplazándose indefinidamente debido a las vicisitudes sociales y personales que comenzaron en 1810 con el estallido de la revolución independentista y que terminaron para Caldas con su encarcelamiento y muerte en 1816. Y así, aunque para 1809 Caldas se hallaba en el mejor momento de su trayectoria científica ocupando el importante cargo de director del Observatorio astronómico y podía suponerse para él un futuro tranquilo y prometedor dedicado al trabajo y al estudio, la suerte no le fue favorable y ya no tuvo el tiempo ni las condiciones para llevar a feliz término este anhelo de levantar un verdadero Atlas universal del Nuevo Reino de Granada; y lo mismo ocurrió con el plan de utilizar tanto la recién hallada fórmula de Laplace para la nivelación barométrica (como el sistema métrico decimal ligado a ella) para calcular las diversas altitudes de las principales ciudades del reino.

Sin embargo, la inquietud metrológica ya estaba sembrada y terminó generando una reacción académica y política que, aunque lenta, concluyó hacia mediados del siglo XIX con la adopción e implementación del sistema métrico decimal como sistema único de pesos y medidas avalado por el gobierno republicano.

La primera repercusión académica significativa que tuvo la introducción del sistema métrico decimal en el entorno científico del Nuevo Reino de Granada por parte de Caldas fue la calurosa presentación que hizo en 1810 su alumno más insigne (y quien con el tiempo sería su primer biógrafo), Lino de Pombo,⁶⁵⁸ en el Claustro de Nuestra Señora del Rosario en donde Caldas, egresado del mismo Colegio como Bachiller en Derecho, se desempeñaba como catedrático de matemáticas. En su *Discurso dedicando unas conclusiones de Aritmética y Geometría a Santo Tomás* (que al final lleva la cláusula: ‘*Compuesto por el Dr. Francisco Caldas, catedrático de matemáticas*’), el joven Lino de Pombo, de apenas

⁶⁵⁸ Como breve nota biográfica, véase la nota al pie número 66.

trece años y bajo la supervisión de Caldas, hizo un elocuente elogio de la aritmética decimal y de los logaritmos sobre la que se estructuraba el nuevo sistema métrico decimal:

“Las fracciones, el cálculo decimal o decagecimal, las relaciones, las progresiones, y en fin los logaritmos mudaron la faz de las ciencias, ensancharon nuestros conocimientos y nos hicieron superiores a todos los siglos que nos han precedido. Profundo Néper!⁶⁵⁹ permite que yo que acabo de poner mis pies sobre los umbrales del templo de las ciencias te tribute este homenaje de admiración y de reconocimiento. Bien conozco que una voz débil, esta voz, que se oye por primera vez en este recinto consagrado a las ciencias, no es digna de formar tu elogio, pero sí de admirarte, de estudiar tus tablas inmortales, y de seguir tus huellas.”⁶⁶⁰

Así, para 1810 y en medio de la agitación política generada por la revolución independentista, ya se empezó a sugerir de manera explícita en el entorno académico del reino la importancia de incentivar la enseñanza y el aprendizaje de los logaritmos y de la aritmética decimal que eran la base matemática que sustentaba el sistema métrico decimal. Un año después, para 1811, el mismo Lino de Pombo volvió a pronunciar un *Discurso dedicando varias tesis de geografía astronómica y descriptiva al Marqués de Selva Alegre*⁶⁶¹ y demás patriotas que emprendieron la libertad de Quito el 10 de agosto de 1809 en el que de hacía referencia y elogiaba al nuevo “[...] sistema de pesos y medidas invariables y eternas”⁶⁶² en un momento de gran agitación social en el que se estaba definiendo el nuevo orden republicano; el discurso terminaba por invocar fervorosamente la implantación del nuevo sistema metrológico como signo fehaciente de independencia ideológica, racionalización, progreso y ruptura con el despótico orden colonial:

⁶⁵⁹ Referencia al matemático escocés **John Napier de Merchiston** (1550–1617) quien es reconocido como el creador de los logaritmos (también llamados *logaritmos naturales*, *logaritmos neperianos* o *logaritmos de base e*) cuyos fundamentos enunció en el año de 1614 en su tratado titulado *Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio* (*Descripción de una admirable tabla de logaritmos*). Puesto que el uso de logaritmos implicó una agilización enorme de los cálculos matemáticos de grandes cifras, es famosa la frase del gran matemático francés Pierre-Simon Laplace sobre este trascendental descubrimiento: “Con la reducción del trabajo de varios meses de cálculo a unos pocos días, el invento de los logaritmos parece haber duplicado la vida de los astrónomos.”

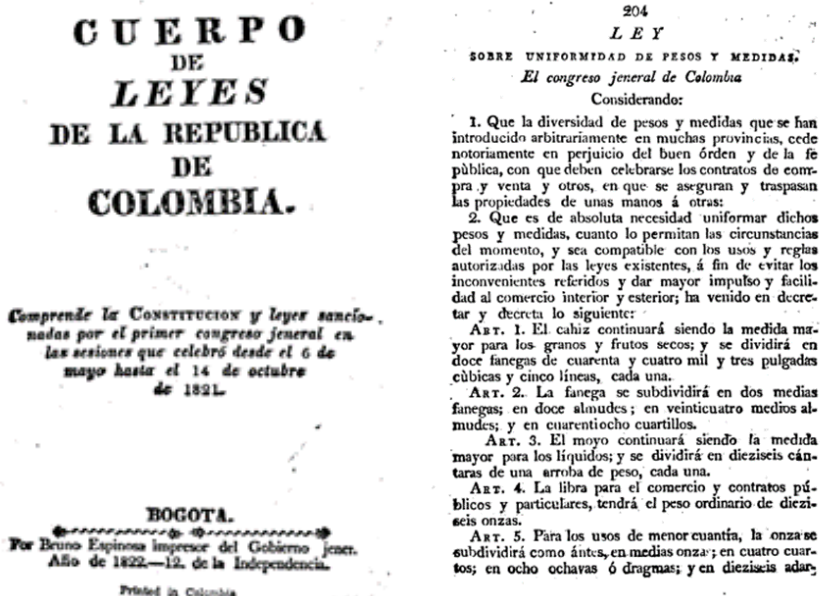
⁶⁶⁰ POMBO, Lino de. “Discurso pronunciado por el colegial Lino de Pombo en la Capilla del Colegio del Rosario, dedicando unas conclusiones de Aritmética y Geometría a Santo Tomás.” En: DÍAZ, Santiago. VALENCIA, Luis. *Confidencias de un estadista. Epistolario de Lino de Pombo con su hermano Cenón*. 1834-1877. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2010. II. p.29.

⁶⁶¹ Este Marqués de Selva Alegre es el mismo **Don Juan Pío María Torcuato de Montúfar y Larrea-Zurbano** (1758-1819) que alojó a Caldas, Humboldt y Bonpland durante los primeros meses de 1802 en las cercanías de Quito en la Hacienda de Chillo; fue padre del joven aristócrata **Carlos de Montúfar y Larrea-Zurbano** (1780-1816) a quien Humboldt eligió como acompañante para continuar su travesía por América del Sur generando un gran pesar y resentimiento en Caldas quien se refirió al joven quiteño como el ‘Adonis’ del Barón prusiano.

⁶⁶² Véase. POMBO, Lino de. *Discurso pronunciado por D. Lino de Pombo O'Donnell en el Colegio Mayor del Rosario de Santafé, dedicando varias tesis de geografía astronómica y descriptiva al Marqués de Selva Alegre y demás patriotas que emprendieron la libertad de Quito el 10 de agosto de 1809*. En: MIER, José. *El ingeniero Don Lino de Pombo O'Donnell*. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. 2003. pp.63-92.

“¡Ojalá que conforme al voto general de los sabios, nuestro Estado naciente de Cundinamarca, y todos los demás de América adopten esta medida sabia [el metro], y olviden para siempre la vara de Burgos, que tal vez hemos heredado de la barbarie goda! La confusión y la incertidumbre de las medidas presentes forman el sello de nuestras divisiones y de nuestra antigua ignorancia.”⁶⁶³

Por lo demás, es necesario tener presente el hecho de que a partir de 1810 la realidad social del Nuevo Reino de Granada se transformó radicalmente a causa de la lucha independentista que puso fin al dominio colonial y dio inicio a la vida republicana de la recién creada nación independiente.⁶⁶⁴



Constitución de la República de Colombia de 1821 y Ley del 12 de octubre 'Sobre uniformidad de pesos y medidas'⁶⁶⁵

El asunto del uso y adecuación de los sistemas de medición a las necesidades sociales y económicas poco a poco se fue manifestando en los ámbitos académicos y científicos de la nueva república y también se empezó a transformar en un tema político relevante pues, tal como ocurrió en la Francia revolucionaria, los sucesivos gobiernos concentraban gran parte de sus esfuerzos en la legitimización ideológica de un nuevo orden y, en ese sentido, era muy importante marcar un punto de ruptura

⁶⁶³ Ibidem. p.69.

⁶⁶⁴ Como anotación importante para no caer en anacronismos, es preciso aclarar que la actual *República de Colombia* ha tenido varios nombres a lo largo de su historia tanto en el período colonial como en la etapa republicana independiente. Para la etapa colonial que va de 1492 a 1810 y de 1815 a 1819, los nombres fueron: *Reino de Tierra Firme* (1492-1538), *Nuevo Reyno de Granada* (1538-1717) y *Virreynato del Nuevo Reino de Granada* (1717-1723, 1739-1810, 1815-1822) y, para la etapa republicana: *Provincias Unidas de la Nueva Granada* (1811-1816), *Gran Colombia* (1819-1830), *República de la Nueva Granada* (1832-1858), *Confederación Granadina* (1858-1861), *Estados Unidos de Colombia* (1861-1886) y *República de Colombia* (desde 1886).

⁶⁶⁵ Imágenes tomadas de: *Cuerpo de leyes de la República de Colombia*. Bruno Espinosa Editor. Bogotá. 1822.

nítido en relación a todo lo que habían sido los usos y las costumbres impuestas durante el régimen colonial.⁶⁶⁶

Para 1821, en plena efervescencia del proceso político gestacional de la ahora llamada Gran Colombia, la constitución de la nueva república estableció que una atribución especial del Congreso de la nación era el de *'Fijar y uniformar los pesos y medidas'* y, dada la trascendencia económica y social del tema metrológico, el 12 de octubre de 1821 se promulgó la ley *Sobre uniformidad de pesos y medidas* que, en la práctica, significaba la definición e implementación del sistema metrológico que debía regir en lo sucesivo las transacciones comerciales.

En esta instancia, el sistema métrico decimal no fue tenido en cuenta (y ni siquiera nombrado) y se determinó el uso de ciertas medidas y patrones ajustados a la tradición y cuyo uso era popular y cotidiano y, de esta manera, tan solo se reglamentó e institucionalizó lo que ya se hacía en la práctica pero tratando de controlar un poco la inexactitud y el relativismo metrológicos:

"El congreso general de Colombia, considerando:

1° Que la diversidad de pesos y medidas que se han introducido arbitrariamente en muchas provincias cede notoriamente en perjuicio del buen orden y de la fe pública con que deben celebrarse los contratos de compra y venta y otros en que se aseguran y traspasan las propiedades de unas manos a otras;

*2° Que es de absoluta necesidad uniformar dichos pesos y medidas cuanto lo permitan las circunstancias del momento y sea compatible con los usos y reglas autorizados por las leyes existentes, a fin de evitar los inconvenientes referidos y dar mayor impulso y facilidad al comercio interior y exterior."*⁶⁶⁷

A continuación, entre otros apartes interesantes, el texto de la ley enunciaba:

"Artículo 1°. El cahíz continuará siendo la medida mayor para los granos y frutos secos; y se dividirá en doce fanegas, de cuarenta y cuatro mil y tres pulgadas cúbicas y cinco líneas cada una.

Artículo 2°. La fanega se subdividirá en dos medias fanegas; en doce almudes; en veinticuatro medios almudes; y en cuarenta y ocho cuartillos.

Artículo 3°. El moyo continuará siendo la medida mayor para los líquidos; y se dividirá en diez y seis cántaras, de una arroba de peso cada una.

⁶⁶⁶ Sobre el trasfondo político inherente a la implementación del sistema métrico decimal en el contexto republicano, véase: ARBOLEDA, Luis Carlos. *"Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal."* En: QUICENO, Humberto [comp]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX.* Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230.

⁶⁶⁷ *Cuerpo de leyes de la República de Colombia.* Bruno Espinosa Editor. Bogotá. 1822. *Ley sobre uniformidad de pesos y medidas.* pp.204-207. p.204.

Artículo 4°. La libra para el comercio y contratos públicos y particulares, tendrá el peso ordinario de diez y seis onzas.

Artículo 5°. Para los usos de menor cuantía, la onza se subdividirá, como antes, en medias onzas; en cuatro cuartos; en ocho ochavas o dracmas; y en diez y seis adarmes; el adarme en tres tomines; y éste en doce granos.”⁶⁶⁸

Luego se enunciaban patrones de medida para la definición de longitudes e incluso se incluía una nueva unidad de medida inventada y nombrada en honor a la naciente república:

“Artículo 8°. El pie, comúnmente llamado de Burgos, conservará su anterior longitud de doce pulgadas; y la pulgada la de doce líneas.

Artículo 9°. La vara de medir para el trato, comercio y demás usos comunes, continuará de tres pies de longitud; subdividida en cuatro cuartas; seis sesmas, y ocho ochavas, equivalentes a treinta y seis pulgadas. [...]

Artículo 20. La legua colombiana constará de seis mil varas de largo; y se subdividirá en tres millas, de dos mil varas de largo cada una.”⁶⁶⁹

Y también se incluía un Artículo relativo a la oficialidad de las medidas para salvaguardar la hegemonía y potestad del gobierno sobre cualquier metrología usada en transacciones comerciales:

“Artículo 12. Ningún individuo podrá tener modelos de pesos y medidas sin que lleven uniformemente la marca o señal que designare el Gobierno, para la mayor seguridad y garantía en los contratos públicos y privados.”⁶⁷⁰

Y así, queda en evidencia que, para 1821 y a nivel político, el sistema métrico decimal aún no era tenido en cuenta como una alternativa metrológica viable para estandarizar pesos y medidas a pesar de que para ese momento ya habían pasado veinte años desde que Humboldt había usado el sistema métrico en sus exploraciones por el Nuevo Reino de Granada; a su vez, es claro que la utilización que hizo Caldas en 1809 de las nuevas unidades metrológicas (metros, centímetros, grados centígrados) en su artículo sobre la elevación del piso del Observatorio astronómico de Santafé no había trascendido más allá del estrecho ámbito científico del reino ni tampoco había tenido ninguna repercusión académica el llamamiento hecho por el colegial Lino de Pombo en 1810 (bajo la tutela del mismo Caldas) exaltando el uso y estudio de los logaritmos y de la aritmética decimal que era la base

⁶⁶⁸ Ibidem. pp.204-205.

⁶⁶⁹ *Cuerpo de leyes de la República de Colombia.* pp.205-206.

⁶⁷⁰ Ibidem. p.205.

matemática del sistema métrico decimal; y, aún más, tampoco el llamado de Caldas a incluir el estudio “[...] de la medida unibersal del péndulo de las nuebas medidas del metre y de todo lo que sea ejecutado para obtener una medida que tenga relación con el de nuestro globo”⁶⁷¹ en sus *Lecciones de Fortificación y Arquitectura militar* - que fueron impartidas entre octubre de 1814 y mediados de 1815 en el transcurso de la lucha independentista - había despertado un interés real en el entorno académico o en los ámbitos militar y político por conocer e implementar el sistema métrico decimal a pesar de su cada vez más evidente superioridad matemática y técnica.

En este contexto de republicanismo naciente, y a pesar del desinterés que los estamentos académicos habían mostrado por el estudio del sistema métrico y de la entendible reticencia política del gobierno por embarcar a la nación en un cambio metrológico complejo, un hito importante en relación al uso e introducción del sistema métrico decimal lo constituye la llamada Misión Boussingault que fue una iniciativa científica patrocinada por el gobierno nacional que tuvo lugar entre 1822 y 1830 y cuyos objetivos eran el de incentivar el estudio de las ciencias con miras al desarrollo social y económico de la nación y la creación de una Escuela de Minas y un Museo de Ciencias naturales. La misión estuvo conformada por cinco promisorios y jóvenes científicos (cuatro franceses y un peruano): el químico y famoso agrónomo Jean-Baptiste Joseph Dieudonné Boussingault,⁶⁷² el médico y naturalista François Désiré Roulin,⁶⁷³ el explorador y naturalista Justin Goudot,⁶⁷⁴ Jacques Bourdon⁶⁷⁵ y el geólogo e ingeniero peruano Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz⁶⁷⁶ y si bien las dificultades políticas y económicas impidieron el cumplimiento de los objetivos oficiales trazados, los miembros del equipo terminaron realizando importantes exploraciones y haciendo un uso extensivo del sistema métrico decimal a lo largo y ancho del territorio nacional.⁶⁷⁷

Sin embargo, en el plano político, al comienzo de la etapa republicana, el asunto metrológico se limitó a una regulación de los usos existentes y no se planteó de manera frontal la posibilidad de realizar un cambio integral del sistema de pesos y medidas de la nación puesto que esto implicaba una inversión económica considerable en términos de hechura y distribución de prototipos de los nuevos patrones

⁶⁷¹ *Lecciones de fortificación i arquitectura militar*. Página 17. Párrafo 25. (Ortografía original).

⁶⁷² **Jean-Baptiste Joseph Dieudonné Boussingault** (1801-1887) fue un destacado químico y agrónomo francés; en calidad de científico, viajó durante varios años por la América equinoccial en la década de 1820; estableció la primera estación de experimentación agrícola en la región francesa de Alsacia en 1836.

⁶⁷³ **François Désiré Roulin** (1796-1874) fue un naturalista e ilustrador francés que realizó importantes exploraciones científicas entre 1822 y 1829 en los territorios de los actuales estados de Venezuela, Colombia, Perú y Ecuador.

⁶⁷⁴ **Justin Goudot** (1802-1848) fue un explorador y naturalista francés que entre 1822 y 1842 exploró los territorios de la actual República de Colombia.

⁶⁷⁵ **Jacques Bourdon** (?-1859) fue un entomólogo y cirujano francés que recorrió el territorio de la actual Colombia como miembro de la llamada Misión Boussingault entre 1822 y 1830.

⁶⁷⁶ **Mariano Eduardo de Rivero y Ustáriz** (1798-1857) fue un ingeniero, político y científico peruano que destacó en los campos de la geología y la mineralogía; conocido como ‘el sabio Rivero, es considerado como el mayor científico peruano del siglo XIX y uno de los precursores de la ciencia moderna en el ámbito suramericano.

⁶⁷⁷ Como fuente primaria en la que se evidencia el uso sistemático y extensivo del sistema métrico decimal, véase: BOUSSINGAULT, Jean-Baptiste. BOUSSINGAULT, Jean-Baptiste. ROULIN, François. *Viajes científicos a los Andes ecuatoriales*. Librería Castellana. Lasserre, Editor. París. 1849. Y, para conocer el contexto y los pormenores de la Misión Boussingault, véase: ESPINOSA, Armando. “La Misión Boussingault (1822-1831), sus resultados y su influencia en la ciencia colombiana”. En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Volumen 18. Número 68. 1991. pp.15-22.

de pesos y medidas con “*la marca o señal que designare el Gobierno, para la mayor seguridad y garantía*” a las diversas ciudades, estamentos y municipios y también una compleja planeación académica para que se imprimieran cartillas y folletos explicativos del nuevo sistema y se incluyera su enseñanza en los currículos escolares.

No obstante, el tema metrológico se hacía cada vez más apremiante en razón de sus evidentes y complejas implicaciones económicas y comerciales y fue así que para 1836 se promulgó una nueva ley que, de nuevo, ajustaba los patrones de pesos y medidas tratando de regular el cada vez más confuso panorama metrológico de la nación. En esta ocasión, se hizo una reforma contundente (aunque a la larga insuficiente) pues se cambió la unidad de medida de referencia y ésta, a su vez, se definió a partir de unidades correspondientes al sistema métrico decimal; así, se mantuvieron las denominaciones antiguas tales como *varas, fanegas, azumbres* y *almudes* pero se revistieron con un cariz métrico decimal evidente pues ahora las unidades tradicionales eran definidas a partir de patrones como *centímetros* y *kilogramos*:

“LEI 12. - Mayo 26 de 1836. -

Fijando i uniformando las pesas i medidas nacionales.

Art. 1º La vara granadina será la unidad fundamental de las pesas i medidas nacionales. Considerando dividido el arco del meridiano terrestre, comprendido entre el ecuador i el polo, en doce millones quinientas mil partes iguales, una de estas partes será la vara granadina, que por lo mismo queda igual á ocho decímetros, medida francesa. [...]

Art. 7º Las medidas de peso serán: la libra, que es la mitad del peso de un azumbre de agua destilada á la temperatura de cuatro grados centígrados, i que equivale á medio kilogramo, medida francesa. La libra se divide en 16 onzas, la onza en 16 adarmes, i el adarme en 40 granos. Veinticinco libras hacen una arroba, i cuatro arrobas un quintal.”⁶⁷⁸

Y luego venía el obligado comentario legislativo que demostraba que, en este caso, el gobierno estaba dispuesto a hacer una fuerte e inevitable inversión económica con miras a superar la confusión metrológica:

“Art. 8º El Poder Ejecutivo hará construir en la Nueva Granada, ó en países extranjeros si lo creyere mas conveniente, los patrones de las pesas i medidas nacionales de que hablan los artículos 1º i 7º, para distribuirlos á todas las capitales de provincia i cabeceras de cantón. Estos patrones se fabricarán de bronce dorado, i marcados con las armas de la República; pero su importe, será reintegrado á los fondos nacionales de los municipales, ó en defecto, i por cuenta de estos, de los fondos provinciales.

⁶⁷⁸ POMBO, Lino de. *Recopilación de leyes de la Nueva Granada*. Imprenta de Zoilo Salazar, por Valentín Martínez. Bogotá. 1845. Tratado I. Parte III. p.86.

§.* único. Una colección completa de las pesas i medidas nacionales se depositará en la Secretaría del Despacho del Interior, en arca cerrada, i otra en el museo nacional."679

Y, al final, se incluía una interesante tabla de conversiones y equivalencias:

TRATADO I, PARTE III, LEYES 42, 43 i 44. 67

resultado de estas mediciones, que superjilarán A escrupulosamente, harán formar cuadros itinerarios de sus provincias, i transmitirán copias exactas de ellos al Poder Ejecutivo, para el cuadro jeneral de toda la República.

Art. 14. Luego que se ponga en planta la presente lei, que será en la época que fije el Poder Ejecutivo conforme al artículo 12, quedará por lo mismo derogada la lei de 12 de octubre de 1821. (Lei 11.)

—o—

TABLA DE CORRESPONDENCIA

entre las medidas i pesas granadinas i las medidas i pesas colombianas o españolas: formada i circulada por el Poder Ejecutivo en cumplimiento del artículo 9.º párrafo único de la lei precedente.

Medidas de longitud é itinerarias.

Granadinas.	Colombianas ó españolas.
Fara—Equiv. próxim. 4 0 v. 3 pica. 10 pulg. 5 lin. 5-1/2 ps.	
Diferencia 0 0 4 4 6 6-3/4	
Cendra 95 3 4 4 4-1/2	
Diferencia 4 0 10 7 7-1/2	
Legas 5,964 4 7 2 44	
Diferencia 48 4 4 9 4	
Dak. leg. ó miriámetro. 11,953 0 2 5 10	
Diferencia 36 2 9 6 2	

Medidas de superficie.

Fara cuadrada. 0 8 35 7 96
Diferencia. 0 0 108 136 68
Estadal. 22 8 42 47 91
Diferencia del colombiano. 2 0 131 96 53
Aracanda. 258 8 84 133 2
Diferencia del celemin. 33 8 39 40 144
Fanega. 9,159 3 26 47 9
Diferencia de la colomb. 840 5 107 96 135

Medidas de capacidad para los líquidos.

Acambre.—(El litro francés)—Equivale á 4,98 cuartillos ó cuartas partes del azumbre español: es pues algo menos que medio azumbre español (a).

Cántara.—Equivale á 15,86 cuartillos: es pues algo menos que media cántara española (b).

Mez.—Equivale á 126,9 cuartillos: le falta algo mas de un cuartillo para ser igual á medio mozo español (c).

Medidas de capacidad para los áridos.

Máza álzad.—(Nueve litros). Algo menos que dos almudes colombianos ó celemines españoles: equivale á 7,77 cuartillos ó cuartas partes del celemin (d).

Almud.—(18 litros). Menos de cuatro celemines: equivale á 42,58 cuartillos españoles (e).

Fanega.—(216 litros). Algo mas de 2-7/8 fanegas españolas: equivale á tres fanegas, 10 celemines, i 2,53 cuartillos, medida española (f).

Cahice.—(2,592 litros). Equivale á 3 cahices, 10 fanegas, 7 celemines i 13 1/2 cuartillos, medida española (g).

(a) Diferencia: 2 centésimos de cuartillo.
 (b) Diferencia: 43 centésimos de cuartillo.
 (c) Diferencia: 41 décimos de cuartillo, relativamente al mozo español de 8 cuartas de á 32 cuartillos.
 (d) Le faltan 23 centésimos de cuartillo para equivale á 2 celemines españoles.
 (e) Le faltan 46 centésimos de cuartillo para equivale á 4 celemines españoles.
 (f) Le faltan 5 cuartillos i 47 centésimos de cuartillo para equivale á 4 fanegas españolas de á 12 celemines.
 (g) Le faltan 4 fanegas, 4 celemines i 1-7/3 cuartillos, para equivale al cuadruplo del cahice jinjurario español de á 13 fanegas.

—o—

Medidas de peso.

Granadinas.	Españolas.
Lib. Onz. Alm.º Grano.º	
Grano—(Menor que el español). 0 0 0 0,978	
Alm.º 0 0 4 3,12	
Onza 0 0 4 14	
Libra—Medio kilogramo francés. 4 4 6 7-1/2	
Atroba. 27 2 11 41,2	
Quintal 108 10 12 16-1/2	

Nota.—La arroba española equivale á 23 libras granadinas, sin mas diferencia que la de poco mas de un alm.º de escaso en dicha arroba.

Valores de algunas medidas i pesas granadinas en francos ó decimales de las españolas.

Fara—Equivale á 4,964,321,0000 punto de la v.º españ.º
Fara cuadrada 24,611,735,820,750 puntos quad. españ.º
Grano 0,9780631 granos españoles.
Alm.º 29,4252518 ídem ídem.
Onza 435,9692568 ídem ídem.
Libra 40,045,3663588 ídem ídem.
Atroba. 250,384,1387280 ídem ídem.
Quintal 1,091,536,6388900 ídem ídem.

—o—

LEI 13.—Junio 10 de 1845.—(Paj. 135.)

Facultando al Poder Ejecutivo para formar circuitos de vacunación.

Art. 1.º Se faculta al Poder Ejecutivo para que pueda formar circuitos de vacunación en los lugares i en los términos que crea necesarios para la pronta i eficaz propagación del pus vacuno i su conservación, haciendo sobre este particular todos los arreglos que crea convenientes.

Art. 2.º El Poder Ejecutivo determinará el número de empleados que deberá haber en cada circuito de vacunación, fijándose el sueldo que no sea mayor de quinientos pesos.

Art. 3.º Los sueldos i gastos de vacunación se erogarán de la quinta parte del producto de aguadientes, aplicada á las rentas comunales, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 2.º de la lei de 2 de mayo.—(Lei 21, P. 2, T. 3.)

Art. 4.º Corresponde al Poder Ejecutivo nombrar por sí, ó por medio de los gobernadores autorizados por él, los empleados que deba haber en cada circuito de vacunación.

Art. 5.º Los empleados encargados por el artículo 99 de la lei de 18 de mayo de 1841 (Lei 2.) para cuidar que los vacunadores llenen cumplidamente los deberes de su oficio, sufrida en caso de negligencia una multa desde uno hasta diez pesos, que señalará i hará efectiva el gobernador respecto de los jefes de policía del canton, i estos últimos respecto de los subalternos en los distritos parroquiales; cuyas multas se aplicarán á las rentas provinciales.

Art. 6.º Queda derogada la facultad que daba á los almaras provinciales el artículo 98 de la lei de 18 de mayo de 1841 para establecer vacunadores, fijarles sueldos, i dar reglamentos para la adquisición, propagación i conservación del pus vacuno.

—o—

LEI 14.—Mayo 28 de 1839.—(Paj. 38.)

Permitiendo la inhumación de los cadáveres de las monjas en los huertos de sus monasterios.

Art. único. Desde la publicación de este decreto se sepultarán los cadáveres de las monjas en las huertas que se construyan en los huertos de los respectivos monasterios.

Tabla de conversiones y equivalencias entre medidas tradicionales y medidas métricas anexa a la ley de mayo 26 de 1836 que implementó un sistema combinado de pesos y medidas.⁶⁸⁰

Quedó establecido entonces sobre el papel una especie de sistema híbrido que conservaba las denominaciones tradicionales y, a la vez, trataba de modernizar el claramente obsoleto sistema de medición heredado de la colonia;⁶⁸¹ sin embargo, en la práctica, la administración política de la recién creada república - ahora sumida en sucesivas, cruentas e interminables guerras civiles - resultaba demasiado compleja y caótica como para que pudieran llevarse a buen término iniciativas como la de la tan necesaria reforma metrológica y así el asunto no se concretó sino apenas ocho años después de

679 Ibidem.

680 Imagen tomada de: POMBO, Lino de. *Recopilación de leyes de la Nueva Granada*. Tratado I. Parte III. p.87.

681 Véase el ya citado artículo de: ARBOLEDA, Luis Carlos. "Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal." pp.177-181.

la promulgación de la ley cuando, en 1844, el ahora secretario de estado Lino de Pombo asumió la compleja tarea de implementar el uso de este nuevo sistema de medidas junto a otras importantes reformas económicas.

Mientras los sucesivos gobiernos republicanos tenían que enfrentar interminables crisis políticas, sociales y económicas, los sistemas de medición al uso demostraban su ineficiencia generalizada pues, en el fondo, nada había cambiado desde los tiempos coloniales y los patrones de medida de referencia seguían siendo más convenciones costumbristas e inexactas que verdaderos referentes cuantitativos precisos, matemáticamente definidos y de validez universal. La ley de 1836 estableciendo una amalgama de medidas tradicionales con unidades métricas no sólo quedó como una abstracción burocrática sino que en la práctica no tuvo ninguna trascendencia pues en los usos cotidianos la gente del común nada entendía de complicadas equivalencias ni conversiones que eran más propias de eruditos y académicos como Caldas y Pombo que de campesinos y comerciantes iletrados que, en su gran mayoría, apenas sabrían realizar algunas cuentas básicas usando los imprecisos patrones heredados.⁶⁸²

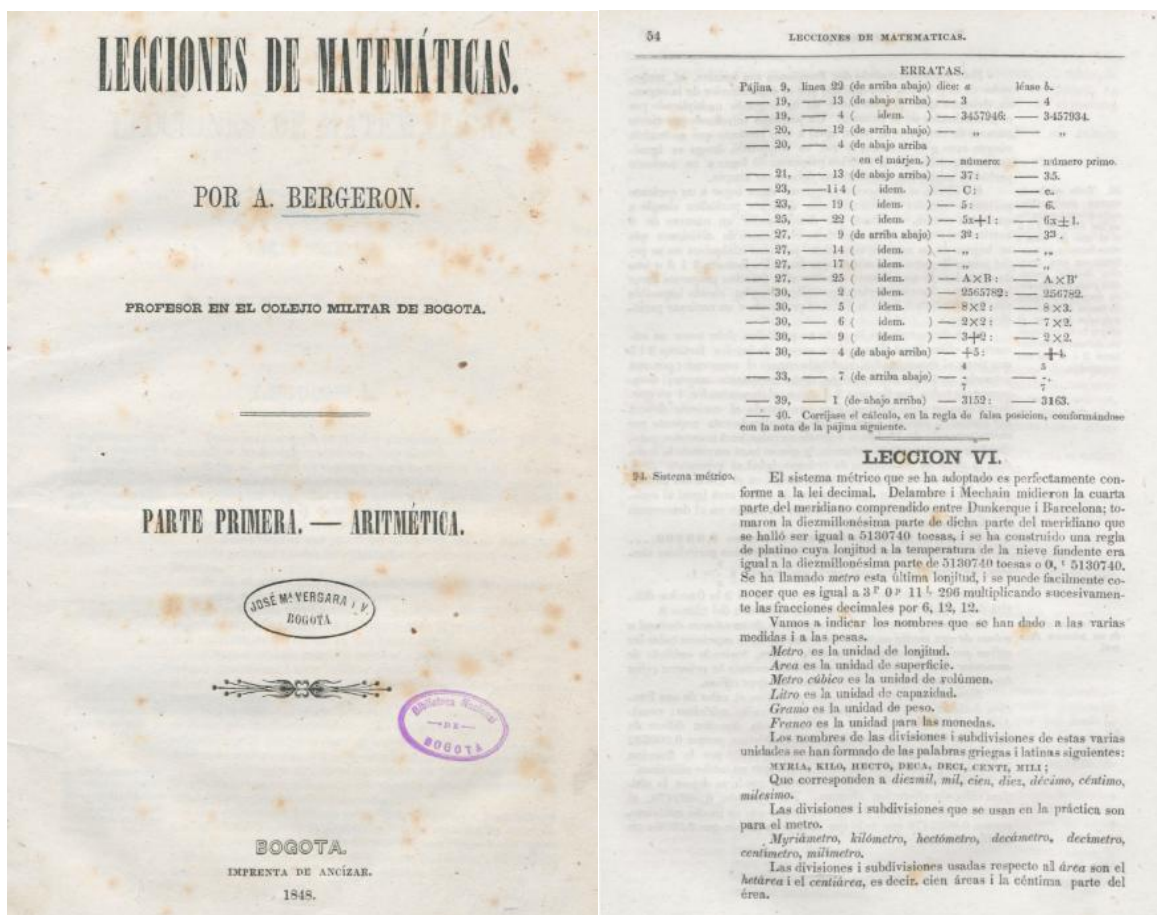
Sin embargo, en el ámbito académico el sistema métrico decimal poco a poco fue entrando como tema de estudio en los currículos escolares como clara muestra de que el tema metrológico era una asignatura que generaba interés y que el estado consideraba pertinente incluir en los planes de estudio con miras a su aprendizaje generalizado y difusión; a todas luces, y para aquellos que lo pudieran apreciar, el nuevo sistema metrológico francés ofrecía unas ventajas evidentes sobre los antiguos sistemas de medición y no sólo facilitaba enormemente las conversiones y los cálculos sino que también su aprendizaje era sencillo pues, en el fondo, se limitaba a la comprensión y aplicación de una aritmética decimal bastante simple y eso sin mencionar los enormes beneficios que su uso oficial podía tener para el comercio y las transacciones monetarias.

Fue así como el sistema métrico decimal fue integrándose en los planes de estudio y ocupando un espacio importante dentro de los textos escolares que se empezaron a redactar bajo el auspicio del gobierno con la clara intención de hacer de la educación uno de los ejes más emblemáticos del orden republicano. Dentro del círculo académico ilustrado de la ahora nación independiente, el sistema métrico empezó a ser visto como el nuevo orden metrológico de la modernidad, el progreso y la racionalidad y como un elemento científico y social muy relevante que marcaría un punto de ruptura definitivo con la mentalidad del antiguo régimen y con el que ahora se percibía como el oscurantismo ideológico colonial. Además, el sistema métrico decimal había surgido dentro del contexto de la Francia revolucionaria amparado bajo el lema universal de 'la libertad, la igualdad y la fraternidad' y ese era un referente ideológico que el nuevo orden republicano pretendía encarnar; consecuentemente, el nuevo sistema metrológico no sólo constituía un gran adelanto científico sino que también era un símbolo ideológico muy emblemático de los nuevos tiempos y podría fungir como

⁶⁸² Este tipo de combinación entre los sistemas tradicionales de medición y el nuevo sistema métrico decimal no se dio solamente en el contexto de la Nueva Granada; otras naciones, como Portugal y los Países Bajos, también trataron de equiparar las nuevas unidades métricas a las medidas tradicionales para facilitar e incentivar su asimilación por parte del común de la población. Sobre la difusión del sistema métrico decimal a lo largo del siglo XIX, véase: KULA, Witold. *Las medidas y los hombres*. Siglo Veintiuno Editores. Madrid. 1980. Cuarta Parte. 24. pp.431-458. Y: GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2003. Epílogo. pp.247-252.

un poderoso factor de cohesión social y política en una nación aún en período de formación y muy necesitada de legitimización.

Apenas un año después de la promulgación de la ley de 1836 estableciendo el nuevo sistema de pesos y medidas que combinaba denominaciones tradicionales con cuantificaciones métricas, ya aparece claramente indicado, en un *Índice de las materias sobre que se versan los exámenes públicos i privados que los alumnos del complejo académico de Medellín presentan en el año de 1837*, que el tema del “Sistema métrico deducido del conocimiento exacto de las dimensiones de la tierra” debe hacer parte de las materias contempladas en el área de cosmografía dentro del apartado de ‘Geografía astronómica i física’.⁶⁸³ Y para el año de 1848 ya se encuentran textos de estudios avalados por el gobierno como las *Lecciones de Aritmética* de autoría de Aimé Bergeron - profesor del importante *Colejio Militar de Bogotá* - en las que se hace una presentación detallada del sistema métrico decimal:



Texto escolar de Lecciones de Matemáticas de autoría de Aimé Bergeron impreso en Bogotá en 1848 en el que se hacía una presentación extensa del sistema métrico decimal.⁶⁸⁴

⁶⁸³ *Índice de las materias sobre que se versan los exámenes públicos i privados que los alumnos del complejo académico de Medellín presentan en el año de 1837*. Colegio académico de Medellín. 1837. Disponible en versión digital sobre copia facsimilar original en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia en:

https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/76327/0 [Consultado en Abril 3 de 2020]

⁶⁸⁴ Imagen tomada de: BERGERON, Aimé. *Lecciones de Matemáticas*. Imprenta de Ancízar. Bogotá. 1948.

Y este es un hito muy importante en relación a la enseñanza y difusión del sistema métrico decimal en el entorno de la élite intelectual y académica de la ahora llamada República de la Nueva Granada pues el *Colejio Militar* era el estamento escolar oficial destinado a formar la élite de los oficiales del ejército nacional haciendo énfasis en su formación científica.⁶⁸⁵

Claramente, el estudio del sistema métrico estaba integrándose al entorno intelectual republicano y su inclusión en los programas académicos hacía presagiar su próxima implementación pues en un mundo cada vez más integrado e interrelacionado a través del comercio, la industria y la diplomacia, la metrología común y universal era una necesidad cada vez más evidente y apremiante.

Puesto que a todas luces era más sencillo adoptar el sistema métrico en su totalidad como sistema metrológico oficial de la nación que estar inventando sistemas mixtos sin ningún fundamento científico que terminaban ya fuese como letra muerta dada su inaplicabilidad o generando confusión y desorden en los usos cotidianos y en las transacciones comerciales, para 1853 se estableció la adopción del sistema métrico decimal francés como sistema oficial de pesos y medidas para todo el territorio nacional y en todos los usos oficiales de la república.

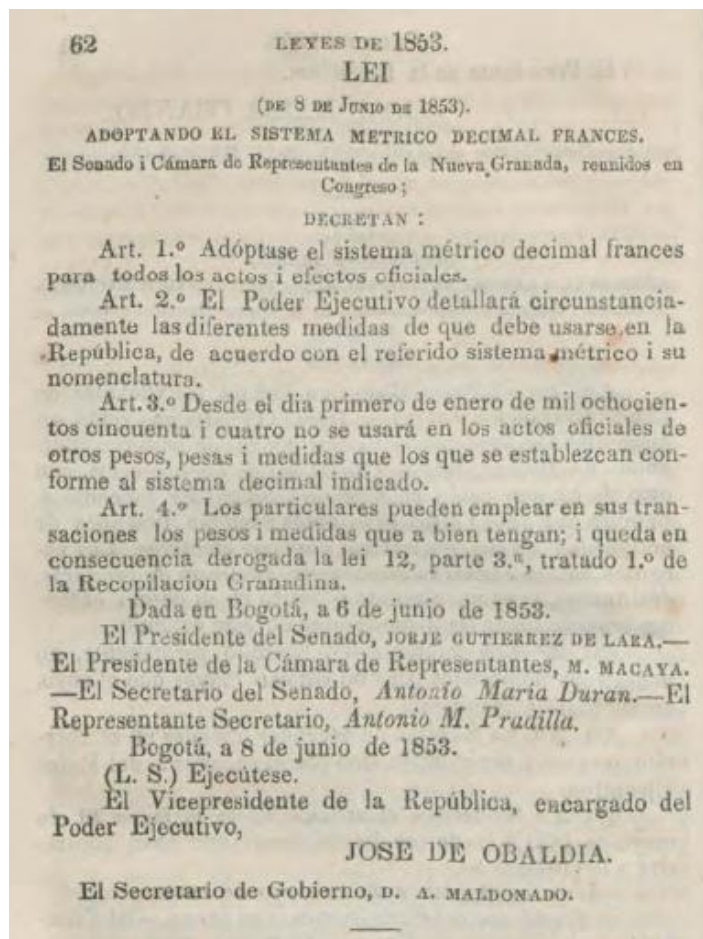
La ley del 8 de junio de 1853 que estableció la adopción oficial del sistema métrico decimal estuvo acompañada por un *Decreto orgánico del sistema métrico decimal* emitido por la presidencia de la república en el que, a manera de cartilla, se detallaban y explicaban las nuevas unidades de medida y sus múltiples conversiones y equivalencias; sin embargo, la ley hacía la salvedad, en el Artículo 4°, de que “*Los particulares pueden emplear en sus transacciones los pesos i medidas que a bien tengan*” a sabiendas de que la implementación universal del sistema métrico decimal sería un proceso complejo a nivel político, logístico y social y que la plena asimilación del nuevo sistema metrológico tardaría años mientras la mentalidad de la población se acostumbraba a los nuevos usos y poco a poco abandonaba las antiguas denominaciones coloniales.

Paralelamente a las decisiones políticas, en el entorno académico⁶⁸⁶ al texto de Aimé Bergeron siguieron otros manuales como el *Tratado elemental de Aritmética* de Indalecio Liévano - alumno de Lino de Pombo, a quien dedica el libro -, que consagraba toda una lección teórica y práctica a desarrollar el tema ‘*De los números decimales i del nuevo sistema de pesos i medidas*’ enunciando las ventajas del sistema métrico decimal en estos términos:

⁶⁸⁵ “*La enseñanza de las matemáticas en el Colejio Militar, “destinado a formar oficiales científicos de Estado Mayor, de ingenieros, artillería, caballería e infantería, e ingenieros civiles” [Ley del 1o. de junio de 1847], como en uno de sus modelos inspiradores, la École Polytechnique de Francia, tenía un papel preponderante. Este papel se lo imprimió, sin duda alguna, Lino de Pombo, uno de los primeros ingenieros colombianos y alma del Colejio, aunque nunca fue su director. Durante tres años los alumnos del Colejio, debían tomar, además de otras materias de interés científico e ingenieril, los siguientes cursos de matemáticas: aritmética, álgebra, geometría especulativa y práctica, trigonometría rectilínea y esférica, geometría analítica, secciones cónicas, geometría descriptiva y cálculo diferencial e integral.” Véase: ALBIS, Víctor. SÁNCHEZ, Clara. “Descripción del curso de Cálculo diferencial de Aimé Bergeron en el Colejio Militar.” En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Volumen 22. Número 85. 1998. pp.73-79. p.73.*

⁶⁸⁶ Como texto de contextualización sobre el desarrollo de las matemáticas en el siglo XIX republicano, véase: SÁNCHEZ, Clara. “*Matemáticas en Colombia en el siglo XIX.*” En: *LLULL: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*. Volumen 22. Número 45. 1999. pp.687-705.

“La magnitud que debe tomarse por unidad para espresar en valores de ella, mediante el número, las diferentes magnitudes de su misma especie, conviene siempre que sea un elemento invariable por su naturaleza; i además, que en las divisiones i subdivisiones que se hagan se siga siempre la lei uniforme del sistema de numeración usado. El sistema métrico adoptado en Francia satisface perfectamente a estas dos condiciones.”⁶⁸⁷



Ley del 8 de junio de 1853 que estableció la adopción oficial del sistema métrico decimal en la República de la Nueva Granada.⁶⁸⁸

A su vez, en el mismo año de 1856 fue impresa una *Comparación entre el sistema métrico decimal francés i el sistema usual de pesas i medidas granadinas con un Apéndice relativo a las monedas* a manera de cartilla divulgativa que buscaba subsanar las deficiencias explicativas de la ley y el decreto anexo puesto que “[...] adolecen de defectos que hacen difícil su práctica e intelijencia. El decreto no esplica el sistema métrico

⁶⁸⁷ LIÉVANO, Indalecio. *Tratado elemental de Aritmética*. Imprenta de Echeverría hermanos. Bogotá. 1856. Lección VII. p.94. Como artículo de contexto, véase: OBANDO, Gilberto. “*Tratado de Aritmética Elemental (Indalecio Liévano, 1856): un texto con mucho que enseñarnos.*” *Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Medellín. Mayo. 2019.

Disponible en: <http://conferencia.ciaem-redumate.org/index.php/xvciaem/xv/paper/viewFile/1028/262>. [Consultado en Abril 21 de 2020]

⁶⁸⁸ Imagen tomada de: *Leyes i decretos espeditos por el congreso constitucional de la Nueva Granada en el año de 1853*. Imprenta del Neo-Granadino. Bogotá. 1853. p.62.

*decimal francés con bastante claridad; i la circular contiene errores de cálculo en algunas partes*⁶⁸⁹ y también se publicó una *Esposicion del sistema métrico decimal, i medios de facilitar su enseñanza en las escuelas con fines claramente pedagógicos y divulgativos mencionando el hecho de que: “La enseñanza del sistema legal de pesas i medidas ha venido a ser obligatoria en todas las escuelas de la provincia de Bogotá, a virtud de lo dispuesto por la ordenanza 15; i los directores de ellas no pueden dejar de cumplir con el deber que se les impone de dar tal enseñanza”*.⁶⁹⁰

A continuación, y en un ámbito mucho más formal, para 1858 fueron publicadas las *Lecciones de aritmética i álgebra* de autoría de Lino de Pombo - *“cuya impresión me ha proporcionado mil afanes y me ha endeudado notablemente. Seré hombre arruinado si no logro vender pronto la edición.”*⁶⁹¹ - en las que también se hacía una profusa presentación del nuevo sistema metrológico enunciando categóricamente sus obvias ventajas:

*“Nada deja que desear un sistema de pesas y medidas sencillo y elegante, en que todo está relacionado armoniosamente con una base bien definida, invariante y única; en que las subdivisiones o aglomeraciones sucesivas son uniformes y adaptadas al cálculo decimal aritmético, y cuya nomenclatura se limita a la fácil combinación de unas pocas palabras.”*⁶⁹²

El proceso epistemológico y científico al que Caldas había dado inicio en 1809 tratando de calcular la altura del piso del observatorio astronómico de Santafé utilizando la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace - que había aprendido del tratado de física de autoría de Haüy y para lo cual tuvo que utilizar el sistema métrico decimal por primera vez de manera documentada en la historia intelectual del Nuevo Reino de Granada -, dio lugar a una compleja dinámica ideológica, científica, social y política que culminó, cuarenta y cuatro años después, con la implementación de un nuevo sistema metrológico que, más allá de sus connotaciones científicas, se erigió también como una bandera ideológica del orden republicano abanderado por la élite criolla que se preciaba de encarnar los valores ilustrados de la modernidad, la racionalidad y el progreso.

La ciencia, por más etéreos o abstractos que puedan ser sus objetos de estudio, es un proceso eminentemente social y cultural que se da dentro del complejo entramado histórico de una civilización y, como discurso, está determinada por las relaciones políticas y sociales en las que surge. En el caso de Caldas, su práctica científica en el campo de la hipsometría y el posterior tránsito al

⁶⁸⁹ PEÑA, Manuel. *Comparación entre el sistema métrico decimal francés i el sistema usual de pesas i medidas granadinas con un Apéndice relativo a las monedas*. Imprenta de Echeverría hermanos. Bogotá. 1856. p.3.

⁶⁹⁰ *Esposicion del sistema métrico decimal, i medios de facilitar su enseñanza en las escuelas*. Imprenta de Francisco Torres Amaya. Bogotá. 1856.

⁶⁹¹ DÍAZ, Santiago. VALENCIA, Luis. *Confidencias de un estadista. Epistolario de Lino de Pombo con su hermano Cenón. 1834-1877*. II. p.94.

⁶⁹² POMBO, Lino de. *Lecciones de aritmética i álgebra*. Imprenta de la nación. Bogotá. 1858. Aparte citado en: ARBOLEDA, Luis Carlos. *“Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.”*. En: QUICENO, Humberto [compilador]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX*. Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230.

sistema métrico decimal son un reflejo de las complejas realidades sociales, políticas y culturales que configuraron la sociedad colonial española del siglo XVIII.

La ciencia ilustrada - nacida al interior de una Europa signada por grandes cambios ideológicos que dieron pie a realidades como las revoluciones burguesas y liberales, el surgimiento de estados nacionales republicanos, la consolidación del capitalismo transcontinental y el auge de las dinámicas del imperialismo y el sometimiento colonial - debe ser entendida y estudiada ya no como una abstracción ideal ni como un proceso de pensamiento puro sino que debe ser comprendida como el producto ideológico de un complejo entramado de circunstancias sociales, históricas y políticas.

En el ámbito colonial neogranadino de finales del siglo XVIII y en la subsiguiente etapa republicana de comienzos del siglo XIX, las élites criollas trataron afanosamente de edificar y legitimar un ideario político y, en ese escenario, la ciencia no fue solamente exploración y estudio de la naturaleza sino que también fue un instrumento ideológico que las élites criollas, aristocráticas e ilustradas, utilizaron como mecanismo ideológico de control político y como discurso de superioridad racial y social.⁶⁹³

Lo que comenzó en 1809 con el uso instrumental que Francisco José de Caldas hizo del sistema métrico decimal como una aventura intelectual, un ejercicio de erudición y de talento experimental, se convirtió en un complejo proceso de apropiación cultural en el que algo eminentemente científico - el sistema métrico - terminó transformándose no solo en un elemento ideológico de modernización y racionalización promulgado por la élite gobernante en el ámbito académico de la nueva nación independiente sino también en un poderoso instrumento de control político.

⁶⁹³ Sobre este uso del discurso científico como mecanismo de poder e instrumento discursivo de legitimación política y social en el contexto colonial del Nuevo Reino de Granada, véase: NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018. NIETO, Mauricio. *Remedios para el imperio. Historia Natural y la apropiación del nuevo mundo*. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Socioculturales e Internacionales. CESO. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2006. Y: CASTRO-GÓMEZ, Santiago. *La hybris del punto cero: ciencia, raza e ilustración en la Nueva Granada (1750-1816)*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2005.

Conclusiones.

Es claro que todo conocimiento académico surge del diálogo y del contraste incesante entre lecturas y perspectivas de los hechos de la historia, los libros, los autores y los saberes acumulados generación tras generación. Y todo trabajo investigativo, independientemente de su temática, no es más que un grano de arena que se suma al cúmulo del saber humano con el anhelo de interactuar con obras y autores del pasado, el presente y el futuro que han abordado los mismos temas desde sus propias perspectivas y concepciones.

Así, en el momento de concluir esta investigación, consideramos pertinente consignar varios tópicos muy puntuales a manera de corolarios finales derivados de la argumentación realizada en cada una de las secciones del trabajo. Queden entonces los siguientes argumentos como observaciones finales de esta investigación pero también como planteamientos discursivos abiertos al debate, la crítica y a posteriores exploraciones.

La obra científica de Caldas como referente ideológico y político de la élite criolla ilustrada.

Es claro que adentrarse en el estudio de los trabajos científicos de Caldas significa para el lector moderno sumergirse en la mentalidad de un hombre del siglo XVIII definido por las condiciones materiales e ideológicas del entorno colonial neogranadino y, por lo tanto, cualquier aproximación a su obra debe partir de una comprensión integral de su contexto histórico; en ese sentido, es relevante entender que el pensamiento ilustrado criollo que configuró la mentalidad científica y política de Caldas surgió como una coyuntura ideológica ligada a unas condiciones históricas y sociales únicas que no es posible analizar desde otros escenarios; en último término, el pensamiento ilustrado que fue asumido por la élite criolla como un referente filosófico, moral, político y científico no debe entenderse como la simple transposición, al contexto colonial neogranadino, de una ideología fabricada en Europa sobre la base de otras realidades históricas.

Así, el pensamiento ilustrado criollo que prefigura la obra científica de Caldas y también su pensamiento político es el resultado de las dinámicas propias de la vida colonial y, en ese sentido, su obra científica debe comprenderse como un referente ideológico importante que surge dentro de un nuevo grupo cultural – la élite criolla ilustrada – y que, en su contexto, tuvo unos matices políticos claros: la consolidación de una ‘cultura ilustrada’ en el virreinato encarnada por una comunidad de criollos cultos que creían en la ciencia moderna como motor de progreso y conocimiento racional y que, en lo político, promulgaban la implantación de un nuevo orden republicano.

En último término, la recepción del pensamiento ilustrado en el Nuevo Reino de Granada a lo largo del siglo XVIII condujo al surgimiento, dentro de la rancia y arraigada aristocracia local, de una nueva élite criolla que se sintió identificada con los ideales filosóficos y científicos de la Ilustración europea y que a través de las primeras publicaciones periódicas impresas del reino logró configurarse como una intelectualidad reconocida e influyente.

Dentro de ese contexto, la obra de Caldas constituyó el referente más significativo, desde el ámbito científico, en la medida en que su figura se encumbró como la imagen del sabio universal ilustrado promulgador de un nuevo orden cultural y político en donde la racionalidad y la civilidad republicana actuaban como principios fundamentales de los nuevos tiempos.

Toda actividad científica es hija de su tiempo y de su contexto histórico y, más allá de la validez o falsedad de sus enunciados, debe entenderse como un producto sociocultural que surge a partir de las condiciones materiales e ideológicas de una civilización; en otras palabras, la práctica y el conocimiento científicos no son entidades etéreas que se manifiestan de manera platónica en cierto momento histórico sino que son el resultado de las complejas dinámicas ideológicas, culturales, económicas, políticas y sociales de una determinada sociedad.

Así, la incipiente ciencia neogranadina de finales del siglo XVIII - iluminada por brillantes episodios tales como la Real Expedición Botánica dirigida por Mutis y el compendio de la obra científica de Caldas - debe comprenderse como un producto ideológico de la sociedad colonial y, en concordancia con las políticas borbónicas del siglo XVIII, como un instrumento de apropiación y dominio del entorno natural americano.

Y, desde esta concepción, la comprensión de la obra de Caldas se abre en un abanico de enriquecedoras lecturas pues es posible conectar su trabajo como científico (astrónomo, botánico, geógrafo, cartógrafo, meteorólogo) y su labor como autor humanista (periodista, crítico político, observador social y antropológico) con las prácticas políticas y sociales que caracterizaron y definieron el tránsito entre el siglo XVIII y el siglo XIX justo cuando, en paralelo, se daba el paso del régimen colonial a la etapa republicana.

Dentro de este complejo contexto político y social, la obra científica de Caldas se presenta entonces como un elemento ideológico de enorme trascendencia pues en ella se evidencian varias realidades subyacentes que nos permiten comprender de una manera mucho más integral sus trabajos y motivaciones:

En primer lugar, es importante no perder de vista el hecho de que toda la obra científica de Caldas puede verse como un gran intento por legitimar la práctica científica de los intelectuales neogranadinos dentro del contexto de la expansión colonial de la ciencia moderna ilustrada. Así, el trabajo de Caldas como hombre de ciencias, miembro ilustre de la Expedición Botánica y funcionario científico del reino en su calidad de director del Real Observatorio Astronómico de San Carlos, se integra perfectamente dentro de la dinámica de las reformas borbónicas tendientes a 'exportar' la ciencia moderna europea a las colonias periféricas del Nuevo Mundo con el objetivo de optimizar y maximizar la explotación de los valiosísimos - y en gran medida aún desconocidos - recursos naturales de los reinos americanos.

En segundo término, si se desea comprender a cabalidad la práctica científica de Caldas es necesario reconocer el hecho de que su obra y su perspectiva como hombre de ciencia y erudito están íntimamente ligadas a su condición de criollo aristócrata. Su ingente labor como autor y como divulgador científico desde su cargo de director y editor del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* está claramente enfocada hacia la consolidación de una élite criolla ilustrada llamada, en el plano

político, a encumbrarse como clase dirigente. Es notorio y muy significativo el hecho innegable de que fue esa aristocracia cultivada (encarnada en personajes como Antonio Nariño, Camilo Torres, Sinforoso Mutis, Jorge Tadeo Lozano, y claro está, el mismo Caldas), cautivada por el ejemplo de la Francia revolucionaria, la que encendió la chispa del proceso independentista y, una vez lograda la expulsión de las autoridades virreinales y declarada la independencia de la Corona Española, la que se autoproclamó como clase gobernante y tomó las riendas de la recién creada república de las Provincias Unidas de la Nueva Granada en el lapso comprendido entre 1810 y 1816. Y si bien esa primera generación de criollos ilustrados (que se nutrieron de la sabiduría y ejemplo personal de Mutis) fue prácticamente exterminada en la cruenta reconquista española de 1816, su semilla intelectual germinó y sirvió como directriz intelectual cuando se logró la independencia absoluta de España en 1819 y el esfuerzo nacional se enfocó en construir un régimen republicano progresista inspirado en los ideales de esta primera generación de intelectuales y hombres de ciencia, criollos, revolucionarios y patriotas, de la que Caldas es claro y excelso ejemplo.

En tercer lugar - y más allá de las relaciones antedichas entre saber científico, condiciones sociales y poder político - es necesario reiterar y destacar el hecho de que la obra científica de Caldas, a pesar de surgir y configurarse en un ámbito colonial estrecho y con grandes limitaciones materiales e ideológicas, constituye un gran ejemplo de ciencia ilustrada a cabalidad y puede equiparse sin temor a los trabajos que, en campos como la meteorología y la botánica, adelantaban científicos europeos que, evidentemente, florecieron en un contexto en donde (a diferencia de lo que ocurría en el Nuevo Reino de Granada) la práctica científica ya era una labor reconocida y relevante desde mucho tiempo atrás. Así, no se trata de hacer un elogio desmedido y de elevar a Caldas por encima de sus justas proporciones pero sí es necesario valorar e integrar su figura y sus obras en un ámbito que trascienda el contexto regional pues su obra es una muestra exquisita de lo que fue la práctica científica ilustrada realizada por científicos no europeos en la periferia colonial de los reinos de ultramar.

No es atrevido afirmar que en los mejores trabajos específicos sobre botánica, cartografía y meteorología (y sirva como testimonio la presente investigación) las pesquisas de Caldas estuvieron a la altura de los trabajos de Humboldt (como él mismo lo reconoció en sus diarios y anotaciones) y, aunque es evidente que, en su conjunto, la figura y obra del científico neogranadino es incontrastable con la del barón prusiano, sí sorprende que, aún hoy, la figura y obra de Caldas sean percibidas casi como una eventualidad anecdótica dentro de los anales de la historia de la ciencia cuando, en justicia y como se ha visto, sus trabajos meteorológicos estaban a la altura de los de estudiosos europeos contemporáneos cuyos hallazgos son cabalmente reconocidos.

Caldas y la hipsometría.

Es evidente que el descubrimiento en solitario, por parte de Caldas, del principio termométrico de la hipsometría y, sobre todo, de la posibilidad de calcular la altura de un lugar utilizando tan solo un termómetro sumergido en agua hirviendo sin necesidad de utilizar un barómetro, es mucho más que una anécdota curiosa puesto que, a todas luces, constituye un hallazgo muy importante y meritorio que debe valorarse de una manera equilibrada y contextualizada.

En ese sentido, suscribimos las conclusiones de los profesores Albis y Martínez-Chavanz en el sentido en que el hallazgo de Caldas no debe ni sobrevalorarse - desde un cuestionable prejuicio de exaltación nacionalista - ni desconocerse - como intrascendente puesto que, al no pertenecer Caldas a una verdadera comunidad científica intercontinental su hallazgo jamás fue reconocido - y nos parece importante concluir nuestro análisis con algunas apreciaciones puntuales:

1 - Se debe reconocer a Caldas el mérito de haber llegado, en 1801 y de manera completamente independiente y solitaria, a dos descubrimientos importantes: primero, que el punto de ebullición del agua varía en función de la presión atmosférica y, por ende, de la altitud sobre el nivel del mar y, segundo, que es posible conocer la altura de un lugar sobre el nivel del mar sumergiendo en agua hirviendo un termómetro que lleve anexa a su escala termométrica una escala de equivalencias barométricas.

2 - Sin embargo, ateniéndonos a fuentes documentales, se debe precisar el hecho de que la relación entre la temperatura del punto de ebullición del agua y la presión atmosférica y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar, era conocida en Europa desde enero de 1724 cuando el científico polaco Daniel Gabriel Fahrenheit publicó un artículo titulado "*Barometri novi descriptio*" en las *Philosophical Transactions of the Royal Society* en el que daba cuenta del fenómeno y planteaba la posibilidad de realizar mediciones barométricas (indicadoras de la presión atmosférica y, por ende, también de la altitud sobre el nivel del mar) a partir del uso de un termómetro integrado a un mecanismo que podría ser considerado como el primer hipsómetro de la historia (la misma idea a la que Caldas llegó 77 años más tarde).

3 - Es importante destacar el hecho de que Caldas, también de manera autónoma, llegó a concebir y utilizar una fórmula hipsométrica lineal derivada de sus observaciones en entornos andinos cercanos a Popayán que le permitía calcular, a partir de conocer la temperatura del punto de ebullición del agua en un lugar determinado, la presión barométrica del sitio de la observación y, por ende, su altitud sobre el nivel del mar. Esta fórmula arrojó resultados válidos para entornos cercanos a Popayán pero resultó insuficiente para calcular presiones atmosféricas y altitudes cercanas al nivel del mar.

4 - En la medida en que Caldas describió - en su *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo* - un termómetro a cuya escala termométrica se le debía anexar una escala de equivalencias barométricas, se le debe considerar también como inventor de un hipsómetro. Así, se debe considerar como 'inventores' del aparato conocido como hipsómetro al físico polaco Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), al científico neogranadino Francisco José de Caldas (1768-1816), al científico inglés Francis William Hyde Wollaston (1762-1823) y al químico y físico francés Henri Victor Regnault (1810-1878) - quien fue el que acuñó el nombre de 'hipsómetro' y es reconocido tradicionalmente como el único inventor del aparato -.

5 - Por último, es importante señalar que ni el descubrimiento del principio termométrico de la hipsometría por parte de Caldas, ni su hallazgo de que bastaba un termómetro (equipado con una escala barométrica anexa a su escala termométrica original) sumergido en agua hirviendo para conocer la altura de un lugar sobre el nivel del mar ni ninguno de los cuatro escritos que dedicó al

tema de la hipsometría (dos de ellos específicamente consagrados a describir en detalle su descubrimiento) tuvieron ninguna trascendencia ni fueron reconocidos ni integrados dentro de la tradición europea.

Caldas y el sistema métrico decimal.

Finalmente, en relación al tránsito metrológico que Caldas hizo en 1809 al utilizar por primera vez el sistema métrico decimal en el contexto académico y científico del Nuevo Reino de Granada, nos parece pertinente consignar algunas observaciones finales como complemento de las conclusiones parciales que cierran cada uno de los capítulos precedentes:

En primer lugar, es interesante observar que a pesar de que Francisco José de Caldas nunca logró integrarse a una verdadera comunidad científica intercontinental ni obtener, más allá del reducido ámbito local, un reconocimiento profesional por sus trabajos botánicos, astronómicos, geográficos, físicos y también periodísticos como editor, divulgador y principal autor del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada*, sí participó plenamente del ‘espíritu de la cuantificación’ que jalonó en gran medida el desarrollo de las ciencias físicas y naturales a lo largo del siglo XVIII. Así, no deja de sorprender que un personaje aislado geográficamente, restringido al entorno colonial neogranadino y muy distante de los epicentros científicos europeos, haya logrado reflejar en sus trabajos esa pulsión epistemológica interesada en alcanzar la precisión y la exactitud. Por lo demás, es claro que la concepción teórica, la invención práctica y la posterior implementación política y social del sistema métrico decimal puede entenderse también dentro de esa dinámica filosófica y científica que encumbró la medida y la exactitud como criterios fundamentales de la práctica científica.

En segundo lugar, es interesante observar la manera como, en 1809 y gracias a la fórmula para la nivelación barométrica de Laplace, Caldas llegó a asimilar y a utilizar el sistema métrico decimal que, por primera vez, ofreció a los científicos la posibilidad de contar con un sistema metrológico que, además de operar con base en la sencilla base decimal, ofrecía una dimensión multidimensional ideal para combinar magnitudes tales como longitudes, superficies, volúmenes, pesos y, posteriormente, temperaturas. Así, Caldas sin duda alcanzó a vislumbrar la potencialidad del nuevo sistema metrológico e incluso, al emplear la fórmula de Laplace, consignó su deseo de acometer la medición de “*la altura de los principales pueblos del Reino por este método*”; a su vez, es diciente el hecho de que, para 1814 y ya alejado de sus quehaceres científicos y ahora fungiendo como coronel e instructor militar, Caldas hubiera incluido en sus *Lecciones de Fortificación y Arquitectura militar* el estudio del *mètre* y de las ‘nuevas medidas’ que estaban llamadas a revolucionar las ciencias y la tecnología.

En tercer término, también es importante subrayar el hecho de que Caldas, al emplear el sistema métrico decimal, alcanzó a sintonizarse con el nuevo lenguaje de la medida y la cuantificación que, con el paso de los años y a pesar de la reticencia de algunas naciones, demostró su potencialidad como nuevo lenguaje metrológico instrumental; en ese sentido, el sistema métrico decimal llegó a constituirse como un verdadero lenguaje universal pues, más allá de las fronteras y los idiomas, un instrumento calibrado métricamente en Europa ‘hablaba’ y arrojaba las mismas mediciones y unidades patrón que otro instrumento, también metrizado, que se utilizara en América o en Asia o

en el Polo Norte. Así, cuando Caldas asumió el sistema métrico como referente metrológico e instrumental, automáticamente entró a compartir el nuevo lenguaje cuantitativo que, por obvias razones, estaba reemplazando a los caducos y defectuosos sistemas de medición tradicionales.

De esta manera, es evidente que Caldas - no obstante su limitada formación matemática y a pesar del aislamiento científico y cultural que nunca pudo superar a cabalidad dada su condición de hombre de ciencia ajeno y alejado de los epicentros académicos europeos que realizaba su práctica en una región remota del mundo - puede y merece ser visto como un científico integral que ejemplifica de manera muy contundente la búsqueda de la exactitud y el énfasis en la cuantificación y la medida que marcó el espíritu científico de la ciencia ilustrada a partir del siglo XVIII.

Queda con Caldas la imagen de un meritorio y talentoso naturalista y hombre de ciencia que se esforzó durante toda su vida por adiestrarse de la mejor manera posible en las disciplinas que lo cautivaron desde su temprana juventud como la astronomía, la botánica, la topografía y la meteorología y que, a fuerza de empeño, tesón, autoeducación y trabajo duro, llegó a participar plenamente del espíritu ilustrado de la ciencia moderna. Y quizá la mejor muestra de su posicionamiento como científico de vanguardia abierto a las novedades técnicas e instrumentales y al espíritu de los nuevos tiempos fue su iniciativa personal de aprender y aplicar la potencialidad del sistema métrico decimal como nuevo lenguaje de la cuantificación, la medida, la precisión y la matematización del mundo y sus fenómenos.

Por último, si bien el artículo de Caldas de 1809 no pasó de ser una publicación erudita que no tuvo trascendencia académica, en el transcurso de los dos años siguientes su discípulo Lino de Pombo, bajo la dirección del mismo Caldas, presentó dos *Discursos* en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en los que explícitamente elogiaba tanto la base aritmética decimal (que puede simplificarse aún más con el uso de logaritmos) como al nuevo sistema métrico decimal. Lo que comenzó como un ejercicio metrológico de Caldas, con el paso de los años se transformó en una discusión política y social trascendental dentro del contexto del republicanismo naciente pues, evidentemente, la fijación de los pesos y las medidas representaba una de las facultades más importantes de los inestables gobiernos sucesivos que trataban, primero, de establecer imaginarios comunes que consolidaran la idea de una república soberana y organizada bajo la ley y el orden y, segundo, de regular y controlar las prácticas comerciales y económicas de la nación.

Fue así como el estudio y la implementación del sistema métrico decimal se transformó en una cuestión de primer orden con evidentes implicaciones en el ámbito académico, en las prácticas cotidianas del comercio y en el plano político y, más allá de sus beneficios y utilidad, pasó a ser una bandera ideológica que la élite criolla, ilustrada y dominante, esgrimió como símbolo de progreso, de cohesión y de legitimidad.

Al final, adentrarse en la vida y obra de Francisco José de Caldas significa sumergirse en una época fascinante desde la perspectiva de un hombre que, más allá de sus limitaciones, supo hacer del estudio y de la contemplación de la naturaleza un camino de iluminación y de realización espiritual. Sus escritos y su ciencia constituyen el testimonio de un tiempo pasado que, en la medida en que

sepamos apreciarlos y valorarlos desde las perspectivas propias de nuestro presente, seguirán abriendo caminos de interpretación que nos permitirán comprender un poco más y mejor la manera como la ciencia se ha construido dentro de la historia y como la ciencia misma se ha transformado en historia.

El camino del conocimiento es necesariamente infinito y la obra de Caldas es solo un pequeño fragmento de la historia de las ciencias pero, ciertamente, constituye un ejemplo muy valioso y vital de lo que es el espíritu científico encarnado en el amor por el saber y en la devoción por el trabajo...

*"No soy sabio, este es mi primer conocimiento; pero me parece que lo poco que sé, lo poco que he hecho hasta ahora está trabajado con cuidado y con verdad."*⁶⁹⁴



Marzo 20 de 2017 – Diciembre 8 de 2020.

⁶⁹⁴ Carta 64 de Abril 6 de 1802 dirigida a José Celestino Mutis. pp.179-180.

Cronología.

1768

Nace Francisco José de Caldas y Tenorio – muy posiblemente el 4 de octubre - en la ciudad de Asunción de Popayán.

1780-86

Se encuentra estudiando en el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís en Popayán. En el año de 1782 conoce y recibe clase en la Cátedra de Filosofía del maestro Don José Félix de Restrepo. Esta influencia será trascendental para Caldas y el comienzo de su pasión por los estudios científicos.

1788-1792

Abandona por primera vez su villa natal de Popayán y viaja a Santafé en donde, el 21 de octubre de 1788, es recibido como colegial y empieza a cursar estudios de derecho en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario hasta obtener el título de *Bachiller en Derecho*.

1793

Regresa a Popayán y, como profesional en leyes, ocupa algunos cargos burocráticos en el gobierno provincial y es nombrado *Padre general de menores* de la ciudad. Da cátedra de derecho civil en el Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís. Empieza a padecer dolores de cabeza crónicos que le impiden cualquier tipo de lectura y se ve forzado a abandonar su oficio de profesor a la vez que decide no continuar sus estudios en Santafé para obtener el título de *Doctor en Derecho*. Puesto que sus dolencias le impiden realizar cualquier tipo de trabajo académico, decide hacerse comerciante viajero de mercancías diversas como prendas y fruslerías.

1795

Sufre diversos quebrantos de salud que le impiden ejercer su labor académica y profesional como juriconsulto. En una carta dirigida el 24 de julio a su primo hermano Camilo Torres Tenorio le cuenta que, viajando entre Popayán y Neiva con mercancías para comerciar, una mula cargada con valiosas mercancías cayó por un barranco al río Páez. Este accidente significará una grave pérdida económica y afectará su profesión de comerciante haciendo que, en lo sucesivo, dedique más tiempo a sus autodidactas - y poco rentables - estudios científicos.

1796

Viaja a Santafé por motivos comerciales y, con el ánimo de adquirir las cosas que necesita para sus estudios científicos autodidactas, aprovecha su estancia en la ciudad para adquirir algunos libros de botánica, astronomía y matemáticas y para comprar sus primeros instrumentos: un octante de Hadley, un barómetro, dos termómetros y una brújula. El 15 de agosto realiza una excursión al cerro de Guadalupe, próximo a la ciudad, con la intención de calcular barométricamente su altitud sobre el nivel del mar y su altura relativa sobre la villa de Santafé; esta expedición será descrita en detalle años después cuando, en 1801, publique su primer artículo científico describiendo las observaciones y los cálculos.

En octubre regresa a Popayán y en el trayecto realiza numerosas observaciones cartográficas, topográficas, geográficas, geológicas y meteorológicas.

Comienza a fabricar artesanalmente otros instrumentos científicos que necesita para avanzar en sus observaciones astronómicas: fabrica un gnomon, un cuadrante de círculo, consigue y ajusta un viejo telescopio y desbarata un reloj de péndulo para contar con una péndola que le permita fijar el tiempo de los eventos celestes.

1797

Permanece en Popayán y guarda reposo a causa de cierta debilidad muscular generalizada (perlesía) que lo obliga a suspender por un tiempo sus constantes desplazamientos comerciales por la Provincia de Popayán y zonas aledañas.

Actúa como jurisconsulto y cartógrafo en un pleito de tierras entre el Cabildo de Timaná y el Cabildo de La Plata.

Calcula la latitud de Popayán usando como referencia los trabajos del matemático y astrónomo francés Pierre Bouguer y traza un mapa de la Provincia de Popayán y otro del Río Grande de la Magdalena desde Neiva hasta su nacimiento. Proyecta y plantea la posibilidad de romper el tramo selvático que separa los ríos Atrato y San Juan (que desembocan respectivamente en el Atlántico y en el Pacífico) para construir un paso interoceánico navegable.

Visita las ruinas arqueológicas de la desaparecida cultura indígena San Agustín en la Provincia de Neiva.

El 3 de diciembre observa, equipado con telescopio y péndola, un eclipse total de Luna desde la población de Gigante con ayuda del sacerdote Pedro José María Borda; el manuscrito con las anotaciones tomadas lo compartió, en 1802, con Alexander von Humboldt quien tomó nota de las observaciones de Caldas y las anexó a las suyas propias; estos apuntes de Humboldt fueron luego publicados - con el debido reconocimiento a Caldas - por el astrónomo Jabbo Oltmanns en la obra *Reccueil d'observations astronomiques d'opérations trigonométriques et de mesures barométriques* impresa en París en 1810.

1798

Permanece en Popayán dedicándose en gran medida a la botánica y al registro de observaciones astronómicas. Deseoso de contar con un punto de observación adecuado, construye con piedras de molino, en el patio central de la casa familiar, una estructura cónica sobre la cual instala su telescopio y realiza, con mucho éxito, observaciones lunares, estelares y planetarias.

En noviembre recibe el *Almanaque Náutico y Efemérides Astronómicas* elaborados por el Observatorio Real de Cádiz y, gracias a los datos allí contenidos, puede conocer por anticipado los días y horas exactos de las inmersiones y emersiones de los satélites galileanos de Júpiter; en la noche entre el 22 y 23 de diciembre observa detenidamente los satélites y logra evaluar con gran acierto la longitud de Popayán. Tres años después, en 1801, Humboldt revisó los cuadernos de observaciones celestes del payanés y se sorprendió tanto de su exactitud que dedicó a Caldas los más cálidos elogios calificándolo como “*un prodigio en la astronomía*”.

En sus cartas, por primera vez Caldas menciona su anhelo de elaborar un gran Atlas del Nuevo Reino de Granada en el que se incluyan anotaciones exhaustivas sobre geografía, geología, astronomía, meteorología, botánica, zoología, agricultura y mineralogía (y en el cual incluso se integren observaciones antropológicas, sociológicas y políticas).

1799

Continúa dedicándose a la astronomía y a las observaciones geográficas. Estudia el *Tratado de Astronomía* de Joseph Jérôme Le François de Lalande.

A pesar de su aplicación y de los buenos resultados obtenidos en el campo de la astronomía, se percató de las dificultades de avanzar en una ciencia que exige el uso de instrumentos sofisticados (y muy costosos y difíciles de conseguir en el entorno neogranadino) y decide dedicar más tiempo al estudio de la Botánica pues ésta disciplina no requiere de un instrumental especializado. Reconociendo su ignorancia total en dicho ámbito, empieza a estudiar de manera autodidacta con la ayuda de algunos libros especializados como la *Parte práctica* de Carl von Linné y la *Flora española* de José Quer y Martínez.

1800

Permanece en Popayán y hace algunas exploraciones geográficas en los alrededores de la ciudad, en especial, sube al volcán de los Coconucos y realiza algunas observaciones topográficas y meteorológicas. Continúa estudiando y realizando prácticas de botánica de manera autodidacta siguiendo el sistema taxonómico de Linneo. Se forma, entre sus amigos Antonio Arboleda, Juan José Hurtado y Jerónimo Torres Tenorio, un pequeño grupo de aficionados a los estudios científicos; varios de estos amigos serán con el tiempo mecenas de Caldas y le apoyarán económicamente en sus proyectos e iniciativas.

1801

En los primeros meses del año, Caldas realiza una excursión al volcán Puracé en compañía de sus amigos Antonio Arboleda y Juan José Hurtado en donde, accidentalmente, rompe su único termómetro. Al tratar de repararlo, intuye por primera vez la relación existente entre el punto de ebullición del agua y la presión atmosférica (y, por ende, la altitud sobre el nivel del mar) e imagina la posibilidad de que sea suficiente un termómetro sumergido en agua hirviendo para conocer la altitud de un lugar sobre el nivel del mar. Deslumbrado por su hallazgo, se dedica a realizar más observaciones barométricas y termométricas y empieza a trabajar en la elaboración de una fórmula matemática lineal que describa la relación existente entre temperatura de ebullición y presión barométrica.

Entre el 21 de julio y el 4 de agosto, aparece publicado su primer trabajo científico titulado *Observaciones sobre la verdadera altura del cerro de Guadalupe* en el periódico *Correo curioso, erudito, económico y mercantil de Santafé de Bogotá*. Se considera que este artículo de Caldas es el primer escrito de carácter científico publicado en la historia del Nuevo Reino de Granada.

Esta publicación llama la atención de Mutis quien decide escribir a Caldas para brindarle su apoyo y le envía como obsequios los libros *Filosofía Botánica* y *Sistema Naturae* de autoría de Carl von Linné. El 5 de agosto Caldas responde la misiva y comienza así una fructífera colaboración científica que se prolongará hasta la muerte de Mutis en 1808.

El 11 de agosto, Caldas parte con rumbo a la ciudad de Quito en donde debe adelantar asuntos judiciales de índole familiar ante la Audiencia y Cancillería Real de Quito; su estancia en la ciudad se prolongará durante cuatro años. A lo largo del trayecto entre Popayán y Quito realiza observaciones termométricas y barométricas y se da cuenta de que su planteamiento matemático del principio termométrico de la hipsometría es insuficiente para describir el fenómeno. Para el 21 de septiembre, Caldas ya se encuentra instalado en Quito.

El 31 de diciembre se encuentra por primera vez con Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en la población de Ibarra (cercana a la ciudad de Quito) en donde Caldas había ido a esperarles ansioso por conocerles personalmente.

1802

Entre febrero y marzo, Caldas convive con Humboldt y Bonpland en la Hacienda de Chillo, en Quito, propiedad del Marqués de Selva Alegre; durante estos meses, los tres científicos adelantan varios trabajos científicos en común y Caldas aprovecha su cercanía a Humboldt para aprender de sus libros y experiencias y sutilmente le interroga sobre qué tanto se sabe en Europa en relación al tema de la hipsometría.

En marzo, Caldas es agregado a la Real Expedición Botánica de la Nueva Granada por decisión directa de Mutis quien encarga a Caldas la realización de múltiples trabajos botánicos en la Provincia de Quito.

En abril, Caldas redacta sus dos trabajos más importantes sobre el tema de la hipsometría y los remite a Mutis con el ánimo de informarle sobre su descubrimiento del principio termométrico: *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica* el *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo*.

En junio, Humboldt y Bonpland continúan su viaje hacia el Virreinato del Perú y Caldas se siente muy ofendido ante la negativa del Barón en relación a la posibilidad de continuar juntos pues ya Caldas había planeado mantenerse como su acompañante.

1803

En abril, Caldas recibe en Quito un trabajo que Humboldt le ha remitido desde Guayaquil titulado *Geografía de las Plantas o cuadro físico de los Andes equinocciales* con el encargo del Barón de enviárselo a Mutis a Santafé; Caldas sigue las instrucciones de Humboldt y envía el texto a Mutis acompañándolo de un escrito propio que ha titulado *Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador*.

A mediados del año, el presidente de la Audiencia de Quito, Francisco Luis Héctor, Barón de Carondelet, encomienda a Caldas el trabajo de levantar un mapa detallado del llamado *Camino de Malbucho* que era la ruta que conectaba a Ibarra con la costa pacífica. Para agosto, Caldas ha completado el trabajo (será la única vez que contemple el mar) y regresa a Quito aquejado por fiebres tropicales.

1804

Permanece radicado en Quito y, por instrucciones de Mutis, estudiar en detalle la distribución térmica y geográfica de las diversas especies de Quina (*Cinchona officinalis*), la planta medicinal nativa de América de cuya corteza se extraía la Quinina, medicamento febrífugo, tónico y antiséptico que (en polvo, infusión o jarabe) servía para combatir la fiebre y prevenir y tratar la malaria.

Durante los meses de travesía y trabajo, Caldas conoce a los miembros de la Expedición Botánica del Perú.

Poseedor ahora de finos y costosos aparatos científicos (algunos comprados a Humboldt y otros enviados por Mutis desde Santafé) realiza observaciones astronómicas relativas al tránsito de Mercurio ante el disco solar visible y logra establecer las coordenadas de Latitud y Longitud de la ciudad de Quito con la intención de emplearlas posteriormente en su proyectado Atlas general del Nuevo Reino de Granada.

1805

En Marzo 25 sale de Quito rumbo a Santafé.

En Mayo 19 regresa a Popayán tras una ausencia de casi cuatro años.

Debido al precario estado de salud de su mentor José Celestino Mutis, Caldas regresa a Santafé el 10 de diciembre llevando consigo dieciséis cargas de materiales botánicos (aproximadamente seis mil muestras de plantas) recogidos durante los últimos cuatro años en los Andes ecuatorianos.

1806

Caldas asume la dirección del recién construido Real Observatorio Astronómico de San Carlos.

La recopilación sistemática de datos astronómicos, meteorológicos y topográficos llena su tiempo y empieza a distanciarse del trabajo botánico que tanto lo había ocupado durante los años anteriores. Continúa con su proyecto de escribir y publicar un gran Atlas del reino y, por tal razón, conserva y ordena las muchas observaciones astronómicas, geográficas y meteorológicas que ha adelantado a lo largo de sus muchos y extensos viajes.

1807

Interesado en crear un espacio editorial de divulgación y de encuentro intelectual destinado a la élite criolla ilustrada, Caldas planea y da inicio a la publicación del *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* (circuló entre 1808 y 1810). En el *Semanario* aparecerán muchos artículos de interés público (gran parte de autoría del propio Caldas) sobre temas relativos a la astronomía, el calendario, la agricultura, el comercio y la economía, entre otros.

1808

Entre el 3 de enero y el 7 de febrero Caldas publica en el *Semanario del Nuevo Reyno de Granada* (números 1 al 7) un artículo titulado *Estado de la Geografía del Virreinato de Santafé de Bogotá, con relación a la economía y al comercio*. Entre mayo y julio, aparece otro importante texto de su autoría titulado *Del influjo del clima sobre los seres organizados*.

1809

Mutis muere el 11 de Septiembre en Santafé y el virrey Amar y Borbón confirma a Caldas como encargado de la sección astronómica y geográfica de la Expedición Botánica. A su vez, Caldas continúa como director del Observatorio de San Carlos y es profesor titular de la cátedra de matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario (en donde años antes había estudiado leyes).

En su calidad de miembro distinguido de la Expedición Botánica y como director del Observatorio, Caldas solicita el apoyo del gobierno colonial para publicar sus trabajos botánicos y para elaborar una carta geográfica general del Nuevo Reino de Granada. Sin embargo, el virrey ya había encargado esta comisión al ingeniero militar Vicente Talledo y Rivera quien elaboró el *Mapa Corográfico del Nuevo Reyno de Granada* en 1808. El proyecto de Caldas de elaborar un gran Atlas del Nuevo Reino de Granada nunca se materializó.

Fallece el padre de Caldas, el gallego don José de Caldas Rodríguez de Camba, en Popayán a la edad de setenta años.

1810

Interesado en contraer matrimonio, en febrero Caldas envía la primera carta de presentación y cortejo a su futura esposa María Manuela Barahona que reside en Popayán.

El 13 de mayo tiene lugar el matrimonio entre Francisco José de Caldas y Tenorio y María Manuela Barahona (quienes aún no se conocen personalmente). La ceremonia se realiza en la ciudad de Popayán y, dado que Caldas se encuentra en Santafé, el matrimonio se realiza por poderes actuando como representante y apoderado especial de Caldas su amigo Antonio Arboleda.

El 20 de julio tiene lugar en Santafé la famosa revuelta popular dirigida por los criollos aristócratas de la ciudad que constituye el primer intento independentista de la Corona Española. Dada la efervescencia política del momento y la cercanía de Caldas a varios de los conspiradores, el ahora reconocido científico participa en reuniones políticas secretas previas a la sublevación e incluso llega a permitir que muchas de estos encuentros prohibidos tengan lugar en el Observatorio astronómico.

Aunque Caldas nunca ha sido ni un político ni un revolucionario, se ve atraído por las nuevas ideas de emancipación y libertad pensando, como todos los ideólogos de la independencia, en la construcción de un nuevo régimen republicano progresista e ilustrado.

En compañía del abogado y periodista Joaquín Camacho, Caldas edita y publica el *Diario político de Santafé* que promueve la causa de la independencia y la instauración del régimen republicano.

En septiembre, Caldas parte a la cercana población de La Mesa para conocer y recibir a su esposa María Manuela quien finalmente llega a la ciudad de Santafé tras cuatro meses de matrimonio. Entre 1810 y 1816, el hogar crecerá con la llegada de cuatro hijos: Liborio María y María Ignacia (fallecidos ambos a muy temprana edad), Ana María y Juliana.

1811.

Durante el mes de abril, se crea el Estado de Cundinamarca y asume como primer presidente el distinguido criollo Jorge Tadeo Lozano, hijo del Marqués de San Jorge y miembro de la Expedición Botánica.

Caldas recibe del nuevo gobierno el rango de capitán del Cuerpo de ingenieros cosmógrafos gracias a su erudición y a su conocimiento en el manejo de aparatos astronómicos y topográficos. El nuevo gobierno apoya las empresas científicas y Caldas realiza mediciones geodésicas diversas y obtiene el patrocinio para dar inicio a su proyecto de levantar la Carta geográfica general del Reino.

Por razones políticas, se inician cruentas luchas partidistas internas que darán inicio al período conocido como 'patria boba'; Caldas apoya una visión federalista del estado y por ello se distancia del nuevo gobierno provincial encabezado por el criollo Antonio Nariño quien promueve la instauración de un gobierno centralista. Los ahora bandos opuestos se enfrentan y Caldas abandona el ejército cundinamarqués para ingresar a las fuerzas del Congreso de las Provincias Unidas del que también hacen parte Jorge Tadeo Lozano y el primo hermano de Caldas, y ahora gran protagonista político, Camilo Torres Tenorio.

1812

Para el mes de marzo, Caldas ha abandonado la ciudad de Santafé a causa de las disputas políticas en las que se ha visto inmerso y se desplaza a la ciudad de Tunja. Durante el mes de mayo, Caldas suscribe la llamada *Acta de Sogamoso* y toma parte en la ofensiva militar federalista que busca derrotar al régimen centralista de Antonio Nariño atrincherado en Santafé. Por primera vez Caldas tiene algún tipo de vivencia y experiencia militar al aplicar, ahora con el rango de Teniente Coronel, ciertas nociones de artillería y de fortificación en las escaramuzas entre las dos fuerzas beligerantes.

1813

El Congreso de las Provincias Unidas decide atacar la ciudad de Santafé en donde se halla atrincherado el presidente del Estado de Cundinamarca, don Antonio Nariño, y da la orden a las fuerzas federalistas, a las que pertenece Caldas, de adelantar la operación a sangre y fuego el 9 de enero. Las tropas federalistas son derrotadas y Caldas, fugitivo, decide alejarse de Santafé.

En el mes de junio, Caldas llega a la Provincia de Antioquia y, por encargo del presidente Juan del Corral, asume la tarea de construir un sistema de fortificaciones sobre el río Cauca que proteja la frontera sur de la provincia. Caldas mantiene su rango militar y se dedica a la tarea elaborando diseños y planos militares pues las tropas realistas de reconquista, comandadas por Juan Sámano y que ondean el estandarte español, ya han recuperado militarmente la Provincia de Popayán y ahora se dirigen al norte para retomar las provincias de Cundinamarca, bajo el mando de Nariño, y de Antioquia, que ha declarado su independencia de España el 11 de agosto.

El trabajo de ingeniería, topografía y cartografía adelantado por Caldas en relación a los bastiones militares es notable pues integra elementos muy modernos para la época tales como el diseño a escala, la declinación magnética, fijación y descripción de convenciones en los mapas y planos e inclusión de perfiles visuales.

Vistas y probadas su pericia y capacidad técnica, Caldas es nombrado Ingeniero General y Coronel del ejército provincial.

1814

Con el beneplácito y apoyo de las autoridades provinciales antioqueñas, Caldas funda y dirige la Academia de Ingenieros Militares. Los cadetes, bajo la dirección y enseñanza de Caldas, reciben capacitación en campos como arquitectura militar, fortificación, artillería, táctica y geografía militar.

A la par con sus otras responsabilidades, Caldas es puesto a cargo de la Maestranza de Artillería en la población de Rionegro (muy cercana a Medellín). Allí construye con éxito, con diseños y planos de su autoría, un molino para fabricar pólvora y un taladro para hacer fusiles; a su vez, dirige la construcción de máquinas de acuñación de moneda con destino a la Casa de la Moneda de Medellín.

1815

A comienzos del año, las diversas provincias del territorio recién liberado de la Corona Española se unen bajo un gobierno y Caldas retorna a Santafé en donde asume la organización de una Academia militar encargada del adiestramiento del ejército republicano que deberá enfrentar la reconquista militar por parte de las tropas españolas.

1816

La reconquista española, bajo el mando del general Pablo Morillo, retoma el control de gran parte del reino y de las principales ciudades (incluidas Cartagena y Santafé) y Caldas huye de la capital. Mientras trata de ocultarse en la hacienda familiar de Paispamba, Caldas y otros criollos republicanos son atrapados y mantenidos presos durante algunos meses en Popayán.

Tras infructuosas gestiones familiares para que sea liberado o, por lo menos, enviado a Quito en donde podría ser juzgado con más indulgencia, Caldas es deportado a Santafé y de inmediato es juzgado como reo de alta traición, declarado culpable y sentenciado a muerte.

Tras el fallo, Caldas intenta en vano obtener clemencia escribiendo, el 27 de octubre de 1816, una súplica de indulto al general español Pascual Enrile Acedo quien, según la leyenda, sella el destino del científico neogranadino con la lapidaria frase de *“España no necesita de sabios”*.

Francisco José de Caldas y Tenorio es fusilado en la Plazuela de San Francisco el 29 de octubre de 1816. Sus restos mortales fueron enterrados en una fosa común en la iglesia cercana de La Veracruz en donde permanecieron hasta ser identificados en el año de 1904 y trasladados a la ciudad de Popayán.

Bibliografía.

Fuentes primarias.

- ACEVEDO, Eduardo [Director]. *Geografía pintoresca de Colombia. La Nueva Granada vista por dos viajeros franceses del siglo XIX. Charles Saffray. Edouard André.* Litografía Arco. Bogotá. 1968.
- BOUSSINGAULT, Jean-Baptiste. BOUSSINGAULT, Jean-Baptiste. ROULIN, François. *Viajes científicos a los Andes ecuatoriales.* Librería Castellana. Lasserre, Editor. París. 1849.
- BRUNEL, Adolphe. *Biographie D' Aimé Bonpland.* L. Guérin & Cía. Éditeurs. París. 1871.
- CABALLERO Y GÓNGORA, Antonio. *Relación de mando.* En: POSADA, Eduardo. IBÁÑEZ, Pedro. *Relaciones de mando: memorias presentadas por los gobernantes del Nuevo reino de Granada.* Biblioteca de historia nacional. Volumen VIII. Imprenta nacional. Bogotá. 1910.
- CALDAS, Francisco José. *Cartas de Caldas.* Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá. 1978.
- CALDAS, Francisco José de. *Cartas de Caldas ilustradas.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 2016.
- CALDAS, Francisco José. *Obras completas.* Universidad Nacional de Colombia. 1966.
- CALDAS, Francisco José de. *Obras de Caldas.* Recopiladas y publicadas por Eduardo Posada. Biblioteca de Historia Nacional. Volumen IX. Imprenta Nacional. Bogotá. 1912.
- CASTELLANOS, Juan. *Elegías de varones ilustres de Indias.* Gerardo Moreno Rivas Editor. Bogotá. 1997.
- Correo Curioso erudito, económico y mercantil de la ciudad de Santafé de Bogotá.* Todos los números aparecidos del *Correo Curioso*, se encuentran disponibles en versión facsimilar digital en:
<https://bibliotecanacional.gov.co/content/conservacion?idFichero=127805>
[Consultado en Julio 10 de 2019]
- CORDOVEZ MOURE, José María. *Reminiscencias de Santafé y Bogotá.* Imprenta de 'El Telegrama'. Bogotá. 1893.
- DE LUC, Jean-André. *Recherches sur les modifications de l'atmosphère.* 4 volúmenes. París. 1784.
- DÍAZ, Santiago. VALENCIA, Luis. *Confidencias de un estadista. Epistolario de Lino de Pombo con su hermano Cenón. 1834-1877.* Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2010.
- Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada.* 52 Volúmenes. Institutos de Cultura Hispánica de Madrid y Bogotá. Madrid. Publicados entre 1954 y 2010. Disponibles, bajo el auspicio del Gobierno de España, en la Biblioteca Digital AECID, en: <http://bibliotecadigital.aecid.es/bibliodig/es/consulta/registro.cmd?id=3148>
[Consultado en Marzo 10 de 2019]
- D'ORBIGNY, Alcide. *Viaje pintoresco a las dos Américas, Asia y África.* 3 Volúmenes. Imprenta y Librería de Juan Oliveres. Barcelona. 1842.
- FERNÁNDEZ DE PIEDRAHITA, Lucas. *Historia general de las conquistas del Nuevo Reino de Granada.* Imprenta de Medardo Rivas. Bogotá. 1881.
- GALILEI, Galileo. *El Ensayador.* Editorial Sarpe. Madrid. 1984.
- GALILEI, Galileo. *Il Saggiatore. 1621.* En: *Opere.* G. Barbèra Editore. Firenze. Nuova ristampa della edizione nazionale. 20 Volúmenes publicados en 21 Tomos. 1968.

- GROOT, José Manuel. *Historia eclesiástica y civil de Nueva Granada*. 3 volúmenes. Imprenta a cargo de Foción Mantilla. Bogotá. 1869.
- GUILLEMIN, Amadeo. *El mundo físico*. 5 volúmenes. Montaner y Simon Editores. Barcelona. 1882.
- HAÜY, Just René. *Traité élémentaire de physique*. Imprimerie de Delance et Lesueur París. 1803.
- HERNÁNDEZ, Guillermo. *Archivo epistolar del sabio naturalista José Celestino Mutis*. 4 Volúmenes. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. Editorial Presencia. Bogotá. 1983.
- HUMBOLDT, Alejandro de. *Sitios de las cordilleras y monumentos de los pueblos indígenas de América*. Imprenta y Librería de Gaspar, Editores. Madrid. 1878.
- HUMBOLDT, Alejandro de. *Viaje a las Regiones Equinociales del Nuevo Continente*. 5 volúmenes. Monte Ávila Editores. Caracas. 1991.
- HUMBOLDT, Alexander von. *Carta a Wilhelm von Humboldt del 21 de septiembre de 1801*. Transcrita en: PÉREZ, Enrique. *Alejandro de Humboldt en Colombia*. Instituto Colombiano de Cultura. Bogotá. 1981. pp.235-240.
- HUMBOLDT, Alexander Von. *Ensayo sobre la geografía de las plantas. Acompañado de un cuadro físico de las regiones equinociales*. Siglo XXI Editores. México. 2016.
- HUMBOLDT, Al. Von. BONPLAND, A. *Ideas para una geografía de las plantas más un cuadro de la naturaleza de los países tropicales*. Litografía Arco. Bogotá. 1985.
- IBÁÑEZ, Pedro María. *Crónicas de Bogotá*. Imprenta de la Luz. Bogotá. 1891.
- ISAACS, Jorge. *María*. Imprenta de Medardo Rivas. Bogotá. 1878.
- KANT, Immanuel. *¿Qué es la Ilustración?* Alianza Editorial. Madrid 2013. p.87.
- LÓPEZ, José Hilario. *Memorias*. Editorial Bedout. Medellín, 1969.
- MENDOZA, Diego. *Expedición Botánica de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada y Memorias Inéditas de Francisco José de Caldas*. Librería General de Victoriano Suárez. Madrid. 1909.
- MORENO Y ESCANDÓN, Francisco Antonio. *Plan de estudios y Método provisional para los colegios de Santa Fe (1774)*. En: HERNÁNDEZ DE ALBA, Guillermo [compilador]. *Documentos para la historia de la educación en Colombia*. 7 Volúmenes. Patronato Colombiano de Artes y Ciencias. Editorial Kelly. Bogotá. 1969-1986. Volumen 4. pp.195-227.
- MUTIS, José Celestino. *Discurso pronunciado por el doctor José Celestino Mutis, en la apertura del curso de Matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Marzo 13 de 1762*. Transcrito íntegramente en: GONZÁLEZ, Marcos. *Francisco José de Caldas y la Ilustración en la Nueva Granada*. Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1985. pp.138-144.
- OSPINA, Mariano. *Biografía del Dr. José Félix de Restrepo*. Imprenta de 'La Libertad'. Medellín. 1888.
- PALACIOS, Eustaquio. *El Alférez Real*. Círculo de lectores. Bogotá. 1985.
- POMBO, Lino de. *Lecciones de aritmética i álgebra*. Imprenta de la nación. Bogotá. 1858.
- POMBO, Lino de. *Francisco José de Caldas. Biografía del sabio*. Suplemento de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Librería Voluntad. Bogotá. 1958.
- QUIJANO WALLIS, José María. *Memorias autobiográficas, histórico-políticas y de carácter social*. Editorial Incunables. Bogotá. 1983.
- RESTREPO, José Félix. *Lecciones de Física*. Impreso por F.M. Stokes. Bogotá. 1826.

- RESTREPO, José Félix de. *Obras completas*. Biblioteca colombiana de Filosofía. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 2002.
- RESTREPO, José Félix de. *Oración. Para el Ingreso de los estudios de Filosofía, pronunciada en el Colegio Seminario de la Ciudad de Popayán, en el mes de Octubre de 1791*. Esta *Oración* fue publicada en los números 44 y 45 del semanario *Papel periódico de la ciudad de Santafé de Bogotá* entre el 16 y el 23 diciembre de 1791.
- La digitalización del original se encuentra disponible en:
<https://bibliotecanacional.gov.co/content/conservacion?idFichero=127476>
 [Consultado en Enero 13 de 2019]
- SANTA GERTRUDIS, Fray Juan de. *Maravillas de la naturaleza*. 4 volúmenes. Biblioteca de la Presidencia de Colombia. Empresa de Publicaciones. Bogotá. 1956.
- Semanario de la Nueva Granada. Miscelánea de ciencias, literatura, artes e industria. Publicada por una sociedad de patriotas Granadinos, bajo la dirección de Francisco José de Caldas. Nueva Edición*. Librería Castellana. Lasserre, Editor. París. 1849.
- Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Todos los números publicados del *Semanario* entre 1807 y 1810 están disponibles (en versión digital sobre el facsimilar original) para su consulta virtual en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/bd
 [Consultado en Junio 16 de 2019]
- Semanario del Nuevo Reino de Granada*. Biblioteca popular de cultura colombiana. 3 Volúmenes. Editorial Minerva. Bogotá. 1942.

Fuentes primarias específicas sobre el tema de la hipsometría.

- CALDAS, Francisco José. *Elevación del pavimento del salón principal del Observatorio de Santafé de Bogotá*. En: *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.139-141.
- CALDAS, Francisco. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro*. En: *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.153-173.
- CALDAS, Francisco. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro*. En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016. pp.115-144.
- CALDAS, Francisco. *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice que contiene algunas observaciones muy importantes y útiles para la mejor inteligencia de dicha Memoria, por Don Francisco José de Caldas*. Burdeos. Imprenta de Lavallo Joven y Sobrino. 1819.
- CALDAS, Francisco José. *Memoria sobre el origen del sistema de medir las montañas y sobre el proyecto de una expedición científica*. En: Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.293-302.
- CALDAS, Francisco José. *Observaciones sobre la altura del Cerro de Guadalupe que domina esta ciudad, dirigidas a los editores del 'Correo Curioso'*. En: *Obras completas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1966. pp.365-374.
- CARRASQUILLA, Tomás. *La marquesa de Yolombó: novela del tiempo de la colonia*. Editorial Bedout. Medellín. 1982.

- FAHRENHEIT, Daniel Gabriel. "Barometri novi descriptio". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 33. J January 1, 1724. London. pp.179-180. La digitalización del original se encuentra disponible para su consulta en: https://archive.org/details/paper-doi-10_1098_rstl_1724_0041/mode/2up [Consultado en Octubre 23 de 2019]
- SHUCKBURGH, George. "On the Variation of the Temperature of boiling water". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 69. January 1, 1779. London. pp.535-540. [Consultado en Octubre 23 de 2019]
- WOLLASTON, F.J.H. "Description of a Thermometrical Barometer for Measuring Altitudes". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 107. January 1, 1817. London. pp.183-196. [Consultado en Octubre 23 de 2019]
- WOLLASTON, F.J.H. "On the measurement of Snowdon by the thermometrical barometer". En: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Volume 110. January 1, 1820. London. pp.295-305. [Consultado en Octubre 23 de 2019]

Fuentes primarias específicas sobre el tema del sistema métrico decimal.

- BERGERON, Aimé. *Lecciones de Matemáticas*. Imprenta de Ancizar. Bogotá. 1948.
- Cuerpo de leyes de la República de Colombia*. Bruno Espinosa Editor. Bogotá. 1822.
- Cuerpo de leyes de la República de Colombia*. Bruno Espinosa Editor. Bogotá. 1822. *Ley sobre uniformidad de pesos y medidas*. pp.204-207. p.204.
- Exposición del sistema métrico decimal, i medios de facilitar su enseñanza en las escuelas*. Imprenta de Francisco Torres Amaya. Bogotá. 1856.
- Índice de las materias sobre que se versan los exámenes públicos i privados que los alumnos del complejo académico de Medellín presentan en el año de 1837*. Colegio académico de Medellín. 1837. Disponible en versión digital sobre copia facsimilar original en la Biblioteca digital de la Biblioteca Nacional de Colombia en: https://catalogoenlinea.bibliotecanacional.gov.co/client/es_ES/search/asset/76327/0 [Consultado en Abril 3 de 2020]
- Lecciones de fortificación y Arquitectura militar dictadas en la Academia de Ingenieros de Medellín*.
- LIÉVANO, Indalecio. *Tratado elemental de Aritmética*. Imprenta de Echeverría hermanos. Bogotá. 1856.
- PEÑA, Manuel. *Comparación entre el sistema métrico decimal francés i el sistema usual de pesas i medidas granadinas con un Apéndice relativo a las monedas*. Imprenta de Echeverría hermanos. Bogotá. 1856.
- POMBO, Lino de. *Discurso pronunciado por D. Lino de Pombo O'Donnell en el Colegio Mayor del Rosario de Santafé, dedicando varias tesis de geografía astronómica y descriptiva al Marqués de Selva Alegre y demás patriotas que emprendieron la libertad de Quito el 10 de agosto de 1809*. En: MIER, José. *El ingeniero Don Lino de Pombo O'Donnell*. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. 2003. pp.63-92.
- POMBO, Lino de. "Discurso pronunciado por el colegial Lino de Pombo en la Capilla del Colegio del Rosario, dedicando unas conclusiones de Aritmética y Geometría a Santo Tomás." En: DÍAZ, Santiago. VALENCIA, Luis. *Confidencias de un estadista. Epistolario de Lino de Pombo con su hermano Cenón. 1834-1877*. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2010. II. p.29.

POMBO, Lino de. *Recopilación de leyes de la Nueva Granada*. Imprenta de Zoilo Salazar, por Valentín Martínez. Bogotá. 1845.

Fuentes secundarias.

ALBEROLA, A. MAS, C. [Editores]. *Jorge Juan Santacilia en la España de la Ilustración*. Universitat d'Alacant. Alicante. 2015.

ALBIS, Víctor. MARTÍNEZ-CHAVANZ, Regino. *Las investigaciones meteorológicas de Caldas*.

Este texto ha sido publicado en tres ocasiones:

(1) En: *Meteorología Colombiana*, Número 2, 2000, pp.131-140.

(2) En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. pp.65-76.

(3) En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016. pp.115-144.

ALBIS, Víctor. SÁNCHEZ, Clara. "Descripción del curso de Cálculo diferencial de Aimé Bergeron en el Colegio Militar." En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Volumen 22. Número 85. 1998. pp.73-79. *Leyes i decretos espedidos por el congreso constitucional de la Nueva Granada en el año de 1853*. Imprenta del Neogranadino. Bogotá. 1853.

ALDER, Ken. *La medida de todas las cosas*. Editorial Taurus. Madrid. 2003.

AMAYA, José Antonio. *Mutis, apóstol de Linneo. Historia de la Botánica en el virreinato de la Nueva Granada, 1760-1783*. 2 Tomos. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Bogotá. 2005.

AMAYA, José. SUÁREZ, Iván. *Ojos en el cielo, pies en la Tierra. Mapas, libros e instrumentos en la vida del sabio Caldas*. Museo Nacional de Colombia. Bogotá. 2018.

ANDERSON, Margaret. *Carl Linnaeus. Father of Classification*. Enslow Publishers. Springfield, New Jersey. 1997.

ANDRADE, Alberto. *José María Cabal*. Imprenta y litografía de las fuerzas militares. Bogotá. 1973.

APPEL, John. *Francisco José de Caldas. A Scientist at Work in Nueva Granada*. The American Philosophical Society. Philadelphia. 1994.

APPEL, John Wilton. *Caldas en Antioquia. De ciudadano científico a ingeniero militar*. En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Francisco José de Caldas 1768-1816. Bicentenario de su muerte*. Memorias Tercera Jornada Caldas. Medellín, 31 de marzo de 2016. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2016. pp.153-172.

ARANGO, Luis. "El sistema monetario de Colombia". En: *Revista de Economía Institucional*. Bogotá. Volumen 15. Número 29. 2013. pp.305-318.

ARBOLEDA, Luis Carlos. "Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)" En: VASCO, Carlos. OBREGÓN, Diana. OROZCO, Luis. [Coordinadores]. *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993. pp.69-91.

ARBOLEDA, Luis Carlos. "Caldas y la matematización de la naturaleza. La querrela con Humboldt sobre el hipsómetro." En: ESCOBAR, Alberto. REYNA, María [Editores]. *Popayán: 470 años de historia y patrimonio*.

Letrarte Editores. Bogotá. 2006. pp. 119-135.

ARBOLEDA, Luis Carlos. *Caldas, matematización de la naturaleza y sentimiento telúrico*. Texto de la conferencia impartida en el Congreso Internacional del Bicentenario de Francisco José de Caldas. Universidad Autónoma de Manizales. 2016.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/315381278_Caldas_matematizacion_de_la_naturaleza_y_sentimiento_telurico p.12. [Consultado en Marzo 19 de 2019]

ARBOLEDA, Luis Carlos. "Élites, medidas y Estado en Colombia en la primera mitad del siglo XIX. Orden republicano y sistema métrico decimal.". En: QUICENO, Humberto [compilador]. *La nación imaginada. Ensayos sobre los proyectos de nación en Colombia y América Latina en el siglo XIX*. Universidad del Valle. Cali. 2015. pp.177-230.

ARBOLEDA, Luis Carlos. "Introducción del Sistema Métrico Decimal en Colombia a mediados del siglo XIX.". En: MORALES, Yuri. RAMÍREZ, Alexa [Editores]. *Memorias I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana. Noviembre 2013. [Consultado en Septiembre 18 de 2019]

ARBOLEDA, Luis Carlos. *Las mediciones barométricas de Humboldt y Caldas en la Nueva Granada*. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/338720122_Las_mediciones_barometricas_de_Humboldt_y_Caldas_en_la_Nueva_Granada. [Consultado en Julio 4 de 2019]

ARBOLEDA, Luis Carlos. ARIAS, Jorge. ESPINOSA, Armando. *Matemáticas, Astronomía y Geología*. Tomo II de *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993.

ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. Molinos Velázquez. Bogotá. 1994.

ARCINIEGAS, Germán. *América en Europa*. Círculo de Lectores. Bogotá. 1975.

ARIAS DE GREIFF, Jorge. "Caldas: inquietudes, proyectos y tragedias.". En ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. En: pp.37-53.

ARIAS DE GREIFF, Jorge. "El método de Caldas para medir la altura de las montañas." En: VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro*. Francisco José de Caldas 1768-1816. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016. pp.99-113.

ARIAS DE GREIFF, Jorge. "Francisco Josef de Caldas y Thenorio.". En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. Molinos Velázquez. Bogotá. 1994. pp. 11-21.

ARMITAGE, Angus. *Edmund Halley*. Thomas Nelson and Sons LTD. 1966.

AVENI, Anthony. *Ancient Astronomers*. ST. Remy Press and Smithsonian Institution. Canada. 1993.

BARATTA, Mario. VUSINTIN, Luigi. *Atlas histórico universal*. Instituto Geográfico de Agostini. Novara. 1933.

BARBA, Francisco. *Historiografía Indiana*. Editorial Gredos. Madrid. 1992.

BATEMAN, Alfredo. *Francisco José de Caldas. El hombre y el sabio*. Editorial Planeta. Bogotá. 1998.

BÉGUIN, Albert. *Pascal*. Fondo de Cultura Económica. México. 2014.

BERNAL, Jaime. GÓMEZ, Alberto. *A impulsos de una rara resolución. El viaje de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada, 1760-1763*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2010.

- BLOM, Philipp. *Encyclopédie. El triunfo de la razón en tiempos irracionales*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2007.
- BLOM, Philipp. *Gente peligrosa. El radicalismo obligado de la Ilustración europea*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2012.
- BORJA, Jaime. *Los indios medievales de Fray Pedro Aguado. Construcción del ídola y escritura de la historia en una crónica del siglo XVI*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2002.
- BORJA, Jaime. *Rostros y rastros del demonio en Nueva Granada*. Editorial Ariel. Santafé de Bogotá. 1998.
- BRANNIGAN, Augustine. *The social basis of scientific discoveries*. Cambridge University Press. 1981.
- BROCK, William. *Historia de la Química*. Alianza Editorial. Madrid. 1998.
- BUITRAGO, Laura. "Las mujeres de la Tertulia del buen gusto y sus amores". En: *Revista Credencial Historia*. Número 273. 2012. pp.2-5.
- CACUA, Antonio. *Don Manuel del Socorro Rodríguez: itinerario documentado de su vida, actuaciones y escritos*. Editorial Universidad Central. Bogotá. 1985.
- CAJORI, Florian. "History of the determinations of the heights of mountains". En: *Isis, A journal of the History of Science Society*, December 1929, Volume 12, Issue 3, pp.482-514. The University of Chicago Press Journals.
- CASTAÑO, José. *El libro de los pesos y medidas*. La Esfera de los Libros. Madrid. 2015.
- CASTRO-GÓMEZ, Santiago. *La hybris del punto cero: ciencia, raza e ilustración en la Nueva Granada (1750-1816)*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2005.
- COLMENARES, Germán. *Historia económica y social de Colombia*. Tercer Mundo Editores. 2 Volúmenes. Bogotá. 1999.
- COULSTON, Charles. *Pierre-Simon Laplace, 1749-1827: A Life in Exact Science*. Princenton University Press. 1997.
- CROMBIE, A.C. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo*. 2 volúmenes. Alianza Editorial. Madrid. 1980.
- CHENU, Jeanne. "Del buen uso de instrumentos imperfectos: ciencia y técnica en el Virreinato de la Nueva Granada.". En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768-1816*. Molinos Velázquez Editores. Bogotá. 1994. pp.55-62.
- CHENU, Jeanne [Editora]. *Francisco José de Caldas. Peregrino de las ciencias*. Crónicas de América 72. Historia 16. Madrid. 1992.
- DE BONO, Edward. *Eureka. Historia de Invención*. Editorial Labor. España. 1975.
- DEULOFEU, Jordi. DEULOFEU, Roger. *Pascal. Los fundamentos de la probabilidad*. Colección Genios de las Matemáticas. RBA. España. 2017.
- DE LA TORRE, José. *Breve historia de la Inquisición*. Ediciones Nowtilus. 2014.
- DÍAZ, Santiago. *Francisco José de Caldas*. Panamericana Editorial. Bogotá. 2012.
- DÍAZ, Santiago. *Nueva aproximación a Francisco José de Caldas. Episodios de su vida y de su actividad científica*. Biblioteca de Historia Nacional. Volumen CXLIX. Academia Colombia de Historia. Bogotá. 1997.
- DÍAZ, Sebastián. MUÑOZ, Santiago. NIETO, Mauricio. *Ensamblando la nación. Cartografía y política en la historia de Colombia*. Universidad de los Andes. Bogotá. 2010.
- DORCE, Carlos. *Historia de las Matemáticas en España*. 2 Volúmenes. Editorial Arpegio. Madrid. 2017.
- DUEÑAS, Guiomar. *Los hijos del pecado. Ilegitimidad y vida familiar en la Santafé de Bogotá colonial*. Editorial Universidad Nacional. Bogotá. 1997.

- DUEÑAS, Guiomar. *Of Love and Other Passions. Elites, Politics, and Family in Bogotá, Colombia, 1778-1870*. University of New Mexico Press. 2015.
- DYM, Jordana. OFFEN, Karl [Editores]. *Mapping Latin America*. The University of Chicago Press. Chicago. 2011
- EDE, Andrew. CORMACK, Lesley. *A History of Science in Society*. University of Toronto Press. 2017.
- EDWARD, Wilson. *Kingdom of Ants. José Celestino Mutis and the Dawn of Natural History in the New World*. Johns Hopkins University Press. Baltimore. 2010
- ERIKSSON, Gunnar. BROBERG, Gunnar. *Linnaeus, the Man and His Work*. University of California Press. 1983.
- ESPINOSA, Armando. "La Misión Boussingault (1822-1831), sus resultados y su influencia en la ciencia colombiana". En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Volumen 18. Número 68. 1991. pp.15-22.
- ESPINOSA, Germán. *Lino de Pombo. El sabio de las siete esferas*. Colciencias. Panamericana Editorial. Bogotá. 1998.
- FELDMAN, Theodore. *Late Enlightenment Meteorology*. En: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. University of California Press. Berkeley. 1990. pp.143-177.
- FESTA, Edigio. *Torricelli, Pascal y el problema del vacío*. En: *La ciencia europea desde 1650 a 1800. Actas XIII y XIV*. [Recurso electrónico]. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. Santa Cruz de Tenerife. 2003-2005. Artículo disponible en: <http://www.divulgameteo.es/uploads/Torricelli-Pascal.pdf> [Consultado en Julio 1 de 2019]
- FIELDHOUSE, David. *Los imperios coloniales desde el siglo XVIII*. Historia Universal Siglo XXI. Volumen 29. México. 1999.
- FIELDMAN, Theodore. "Applied mathematics and the quantification of experimental physics: The example of barometric hypsometry." En: *Historical Studies in the Physical Sciences*. University of California Press. Volume 15. N° 2. 1985. pp.127-195.
- FORERO, Manuel. *Camilo Torres*. Biblioteca de Autores Colombianos. Editorial ABC. Bogotá. 1952.
- FRANCOU, Bernard. "La primera Misión Geodésica francesa en el Perú y la determinación de la forma de la Tierra (1735-1744)". En: ESPINOSA, Carlos. LOMNÉ, Georges. [Coordinadores]. *Ecuador y Francia: diálogos científicos y políticos (1735-2013)*. FLACSO. Embajada de Francia en Ecuador. Instituto Francés de Estudios Andinos. Quito. 2013. pp.23-35.
- FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. University of California Press. Berkeley. 1990.
- FRISINGER, Howard. *Mathematicians in the History of Meteorology: the Pressure-Height problema from Pascal to Laplace*. En: *Historia Mathematica*, Issue 1, 1974, pp.263-286.
- FRISINGER, Howard. *The History of Meteorology: to 1800*. American Meteorological Society. Boston. 1983.
- GARCÍA, Diego. *Trascendencia científica de Jorge Juan Santacilia*. Editorial Club Universitario. 2012.
- GARCÍA, Juan. *Historia de la Ciencia*. Ediciones Danae. Barcelona. 1970.
- GLICK, Thomas. "Imperio y dependencia científica en el siglo XVIII español e inglés; la provisión de los instrumentos científicos.". En: PESET, José. [Coordinador] *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*. CSIC. Madrid. 1989. pp.49-63.
- GÓMEZ, Alberto. "Alexander von Humboldt y la cooperación transcontinental en la Geografía de las plantas: una nueva apreciación de la obra fitogeográfica de Francisco José de Caldas". En: *Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien. International Review for Humboldt Studies*. HiN XVIII, 33. 2016. pp.22-49.

- GÓMEZ, Alberto. "Apuntes biográficos y cronología académica de José Celestino Mutis.". En: *Revista Cultural de Santander*. Número 10. 2015. pp.136-149.
- GÓMEZ, Alberto. *Humboldtiana neogranadina*. 5 volúmenes. Universidad de Los Andes. Pontificia Universidad Javeriana. Universidad del Rosario. Universidad Externado de Colombia. CESA. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.
- GÓMEZ, Alberto. "Sucesivas apreciaciones sobre la obra fitogeográfica de Francisco José de Caldas.". En: ÁLVAREZ, Yolima. DÍEZ, Carlos. MORENO, Asdrúbal. SUÁREZ, Iván. [Editores académicos]. *Bicentenario Francisco José de Caldas, 1768-1816*. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2019. pp.3-24.
- GÓMEZ, Ignacio. *El Reino de las Luces. Carlos III entre el Viejo y el Nuevo Mundo*. Alianza Editorial. 2009.
- GONZÁLEZ, Antonio. *La Expedición Botánica al virreinato del Perú (1777-1788)*. 2 Volúmenes. Lunwerg Editores. Madrid. 1988.
- GONZÁLEZ, Marcos. *Francisco José de Caldas y la Ilustración en la Nueva Granada*. Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1985. pp.138-144. pp.138-139.
- GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2003.
- GUERRERO, Amado. *El sistema monetario en el Nuevo Reino de Granada durante el siglo XVIII*. Disponible en: <http://gidrot.com/materials/docs/her1.pdf> [Consultado en Enero 23 de 2019]
- GUEVARA, Iolanda. PUIG, Carles. *Las medidas del mundo*. RBA. Barcelona. 2011.
- GUIJARRO, Víctor. *El barómetro y los proyectos meteorológicos de la Ilustración: el caso español*. En: *Revista Universitaria de Filosofía ÉNDOXA*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Madrid. Número 19. 2005. pp.159-190.
- GUTIÉRREZ, José. *Galán y los comuneros*. Publicaciones Cultural. 1982.
- HAGEN, Victor Wolfgang von. *Grandes naturalistas en América*. Editorial Taurus. Bogotá. 2008.
- HARLEY, J.B. WOODWARD, David [Editores]. *The History of Cartography*. 6 Volúmenes. The University of Chicago Press. Chicago. 1987.
- HEILBRON, John. SIGRIST, René [Editores]. *Historian of Earth and Man*. Slatkine. Geneva. 2011.
- HEILBRON, J.L. "The Measure of Enlightenment". En: FRÄNGSMYR, Tore. HEILBRON, J.L. RIDER, Robin. [Editores]. *The Quantifying Spirit in the Eighteenth Century*. University of California Press. Berkeley. 1990. pp.207-242.
- HERNÁNDEZ DE ALBA, Gonzalo. "La Expedición Botánica.". En: *Gran Enciclopedia de Colombia*. Círculo de Lectores. Casa Editorial El Tiempo. 2007. Volumen 1. pp.244-245.
- HERNÁNDEZ DE ALBA, Guillermo. CARRASQUILLA, Juan. *Historia de la Biblioteca Nacional de Colombia*. Instituto Caro y Cuervo. Imprenta Patriótica. Bogotá. 1977.
- HERNÁNDEZ DE ALBA, Gonzalo. *Quinas amargas. El sabio Mutis y la discusión naturalista del siglo XVIII*. Academia de Historia de Bogotá. Tercer Mundo Editores. Santa Fe de Bogotá. 1991.
- HERRÁN, Mario. *El virrey don Antonio Amar y Borbón. La crisis del régimen colonial en la Nueva Granada*. Banco de la República. Bogotá. 1988.
- HERRERA, Daniel. *El pensamiento filosófico de José Félix de Restrepo*. Biblioteca Colombiana de Filosofía. Universidad Santo Tomás. Bogotá. 2006.

- HERRERA, Daniel. "José Félix de Restrepo, filósofo ilustrado". En: *Ideas y Valores*. Volumen 40. Número 85-86. 1991. pp.19-36.
- HERRERA, Daniel. "José Félix de Restrepo, maestro de Caldas.". En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768 – 1816*. pp.23-33.
- HERRERA, Rosa. *Historias de Matemáticas. Historia del experimento barométrico*. En: *Revista de Investigación. G.I.E. Pensamiento matemático*. Universidad Politécnica de Madrid. Número 2. Abril 2012. pp.1-14.
- HIGUERA, Tarcisio. *La imprenta en Colombia, 1737-1970*. Instituto Nacional de Provisiones. INALPRO. Bogotá. 1970.
- HOFFMAN, Philip. *¿Por qué Europa conquistó el mundo?* Editorial Crítica. Barcelona. 2016.
- HUXLEY, Julian. KETTLEWEL, H.D.B. *Darwin*. Salvat Editores. Barcelona. 1985.
- JARAMILLO, Samuel. *Diario de la luz y las tinieblas. Francisco Joseph de Caldas*. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2010.
- KAMEN, Henry. *La Inquisición española: una revisión histórica*. Editorial Crítica. Barcelona. 1999.
- KONETZE, Richard. *América latina. II. La época colonial*. Historia Universal Siglo XXI Editores. México. 1985.
- KOYRÉ, Alexandre. "Del mundo del 'aproximadamente' al universo de la precisión.". En: *Pensar la ciencia*. Ediciones Paidós. Barcelona. 1994. III. pp.117-145.
- KULA, Witold. *Las medidas y los hombres. Siglo Veintiuno Editores*. Madrid. 1980.
- LAFUENTE, Antonio. MAZUECOS, Antonio. *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 1987.
- LEÓN, Olivé [Compilador]. *La explicación social del conocimiento*. Instituto de Investigaciones Filosóficas. México. 1994.
- LIÉVANO, Indalecio. *Los grandes conflictos sociales y económicos de nuestra historia*. Ediciones Tercer Mundo. Bogotá. 1972.
- LLANOS, Héctor. "Surgimiento, permanencia y transformaciones históricas de la élite criolla de Popayán (siglos XVI-XIX)", en *Revista de Estudios Regionales* 1, N°3, 1979.
Disponibile en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/7525/>
[Consultado en Enero 15 de 2019]
- MADRID, Carlos. *Laplace*. RBA. Barcelona. 2012.
- MARÍN, Juana. "Genealogía de un acta. Los firmantes del Acta del Cabildo Extraordinario de Santafé del 20 de julio de 1810." En: *Memoria y Sociedad*. Pontificia Universidad Javeriana. 2011. Volumen 15. Número 31. pp.10-28.
- MARROQUÍN, José Manuel. *Biografía de don Francisco Antonio Moreno y Escandón*. En: *Boletín de Historia y Antigüedades*. Volumen XXIII. Bogotá. 1936. pp.529-546
- MARTÍNEZ, Alberto. "El maestro y la Instrucción Pública en el Nuevo Reino de Granada. 1767-1809", en: *Dos estudios sobre educación en la Colonia*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. 1984.
- MARTÍNEZ, Alberto. *Escuela, maestro y educación en Colombia. 1750-1820*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. 1986.
- MARTÍNEZ, Alberto. CASTRO, Orlando. NOGUERA, Carlos. *Maestro, escuela y vida cotidiana en Santafé colonial*. Sociedad Colombiana de Pedagogía. Bogotá. 1999.
- MARTÍNEZ, Armando. GUTIÉRREZ, Daniel [Editores académicos]. *Quién es quién en 1810. Guía de forasteros del Virreinato de Santafé*. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2010.
- MATUTE, María. *Cádiz y la expedición de límites al Orinoco (1754-1761) - Pedro Virgili y Pehr Löfling*. En: *Revista*

- Hispanoamericana*. Publicación digital de la Real Academia Hispano Americana de Ciencias, Artes y Letras. Número 8. 2018. pp.1-13.
- MEDINA, José Toribio. *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceanía*. 2 volúmenes. Fondo Histórico y Bibliográfico José Toribio Medina. Santiago de Chile. 1958.
- MIER, José. *El ingeniero Don Lino de Pombo O'Donnell*. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. 2003.
- MORALES BENÍTEZ, Omar. *La gesta de la arriería*. Editorial Planeta. Santafé de Bogotá. 1997.
- QUINTERO, Gonzalo. *Pablo Morillo. General de dos mundos*. Editorial Planeta. Bogotá. 2005.
- MUÑOZ, Félix [Coordinador]. *La botánica al servicio de la Corona. La Expedición de Ruiz, Pavón y Dombey al virreinato del Perú (1777-1831)*. Lunwerg Editores. Barcelona. 2003.
- NIETO, Mauricio. *La obra cartográfica de Francisco José de Caldas*. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2006.
- NIETO, Mauricio. *Orden natural y orden social. Ciencia y política en el Semanario del Nuevo Reyno de Granada*. Universidad de Los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2018.
- NIETO, Mauricio. "Políticas imperiales en la Ilustración española. Historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo." En: *Historia Crítica*. Revista del Departamento de Historia de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad de Los Andes. Número 11. Julio-Diciembre 1995. pp.39-51.
- NIETO, Mauricio. *Remedios para el imperio. Historia Natural y la apropiación del nuevo mundo*. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Socioculturales e Internacionales. CESO. Ediciones Uniandes. Bogotá. 2006.
- NIETO, Mauricio. "Scientific instruments, creole science, and natural order in the New Granada of the early nineteenth century." En: *Journal of Spanish Cultural Studies*. Volume 8. Issue 2. 2007. pp.235-252.
- NIÑO, Jairo. *El inventor de lunas*. COLCIENCIAS. Bogotá. 1995.
- NORTH, John. *Historia Fontana de la astronomía y la cosmología*. Fondo de Cultura Económica. México. 2001.
- OBANDO, Gilberto. "Tratado de Aritmética Elemental (Indalecio Liévano, 1856): un texto con mucho que enseñarnos." *Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Medellín. Mayo. 2019.
Disponibile en: <http://conferencia.ciaem-redumate.org/index.php/xvciaem/xv/paper/viewFile/1028/262>
[Consultado en Abril 21 de 2020]
- OCAMPO, Javier. "El maestro José Félix de Restrepo, el educador de la generación de independencia de Colombia", en: *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*. Vol. 14. 2010. pp.9-60.
- OCAMPO, Javier. SOLER, Consuelo. *Reformismo en la educación colombiana. Historia de las políticas educativas 1770-1840*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico. IDEP. Bogotá. 2012.
- O'GORMAN, Edmundo. *La invención de América*. Fondo de Cultura Económica. México. 1986.
- ORTIZ, Sergio. *Nuevo Reino de Granada. El Virreinato*. En: *Historia extensa de Colombia*. Volumen IV. 2 Tomos. Ediciones Lerner. Bogotá. 1970.
- OTERO, Gustavo. *Historia del periodismo en Colombia*. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá. 1998.
- PAREDES, Jaime. *Caldas*. Ediciones Librería Siglo XX. Bogotá. 1946.
- PAZ, Víctor. *El demente exquisito. La vida estafalaria de Tomás Cipriano de Mosquera*. Villegas Editores. Bogotá. 2004.

- PAZ, Víctor. *El Edipo de sangre o la vida tormentosa de José María Obando*. Villegas Editores. Bogotá. 2005.
- PEARN, John. "Sir George Shuckburgh Evelyn (1751–1804): precision in thermometry". En: *Journal of Medical Biography*. Volume 20. Issue 1. 2012. pp.42-46.
- PÉREZ, Enrique. *José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada*. Fondo FEN Colombia. Santafé de Bogotá. 1998.
- PÉREZ, Pablo. MENSAQUE, Julia. PEÑALVER, Eduardo [Coordinadores]. *Antonio de Ulloa: la biblioteca de un ilustrado*. Editorial Universidad de Sevilla. Sevilla. 2015.
- PICKOVER, Clifford. *El libro de la Física*. Librero. China. 2013.
- POHL, Stefan. *¡Soy Caldas!* Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá. 2009.
- PONCET, Sébastien. DAHLBERG, Laurie. "The legacy of Henri Victor Regnault in the arts and sciences". En: *International Journal of Arts and Sciences*, Volume 4, Issue 13, 2011. pp.377-400.
- PORTILLA, José Gregorio. "Caldas y el gran cometa de 1807.". En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. 41(159). Abril-Junio de 2017. pp.244-252.
- POSADA, Eduardo. *La imprenta en Santa Fé de Bogotá en el siglo XVIII*. Librería General de Victoriano Suárez. Madrid. 1917.
- PUIG-SAMPER, Miguel. *Pehr Löfling*. Estudio crítico. Fundación Ignacio Larramendi. Edición digital. 2017.
- RABASA, José. *Inventing America. Spanish historiography and the Formation of Eurocentrism*. University of Oklahoma Press. London. 1993
- RIAÑO, Camilo. *El coronel Francisco José de Caldas*. En: ARBOLEDA, Luis Carlos. DÍAZ, Santiago [Editores]. *Francisco Joseph de Caldas y Thenorio. 1768–1816*. Molinos Velázquez Editores. Bogotá. 1992. pp.147-153.
- RODRÍGUEZ, Pablo. "Casa y orden cotidiano en el Nuevo Reino de Granada, s. XVIII.", en: CASTRO, Beatriz [Editora]. *Historia de la vida cotidiana en Colombia*. Grupo Editorial Norma. Bogotá. 1996. pp.103-129.
- RODRÍGUEZ, Pablo. "Organización y cambio social en la Colonia". En: MELO, Jorge. [Director académico]. *Gran Enciclopedia de Colombia*. Círculo de Lectores. 2007.
- ROJO, Ariel. *El príncipe del conocimiento: George Louis de Buffon*. Colciencias. Alfaomega. Bogotá. 2001.
- ROSSI, Paolo. *El nacimiento de la ciencia moderna en Europa*. Crítica. Barcelona. 1998.
- RUIZ, Eduardo. *La librería de Nariño y los Derechos del Hombre*. Editorial Planeta. Bogotá. 1990.
- SÁNCHEZ, Clara. "Matemáticas en Colombia en el siglo XIX." En: LLULL: *Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*. Volumen 22. Número 45. 1999. pp.687-705.
- SÁNCHEZ, José Manuel. *El país de los sueños perdidos. Historia de la ciencia en España*. Editorial Taurus. Barcelona. 2020.
- SANTOS, Enrique. *Antonio Nariño, filósofo revolucionario*. Ediciones Desde Abajo. Bogotá. 2015.
- SCHUMACHER, Hermann. *Caldas. Un forjador de la cultura*. 1986. Imprenta patriótica del Instituto Caro y Cuervo. Bogotá. 1986.
- SILVA, Renán. *Los ilustrados de Nueva Granada 1760-1808. Genealogía de una comunidad de interpretación*. Fondo Editorial Universidad Eafit. Medellín. 2002.
- SOBEL, Dava. *Longitud*. Editorial Anagrama. Barcelona. 2006.

- SOTO, Diana. *La reforma del Plan de Estudios del fiscal Moreno y Escandón 1774-1779. Cuadernos para la historia del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*. Centro Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2004.
- SOTO, Diana. PUIG-SAMPER, Miguel. BENDER, Martina. GONZÁLEZ-RIPOLL, María [Editores]. *Recepción y difusión de Textos Ilustrados. Intercambio científico entre Europa y América en la Ilustración*. Rudecolombia. Colciencias. Madrid. 2003.
- STEELE, Arthur. *Flores para el rey*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 1982.
- STRESSER-PÉAN, Guy. "La Ciencia entre los pueblos de la América precolombina.". En: TATON, René. *Historia General de las Ciencias*. 5 Volúmenes. Ediciones Destino. Barcelona. 1972. Volumen I. Tercera Parte. Capítulo Primero. pp.463-473.
- SUÁREZ, Iván. "Francisco José de Caldas y la geografía militar en la provincia de Antioquia (1813-1815)". En *Apuntes, Revista de estudios sobre patrimonio cultural*, Volumen 26, Número 1, Enero - Junio 2013, pp.46-61.
- SUÁREZ, Iván. *Francisco José de Caldas y Thenorio (1768-1816) Biografía*. En: CALDAS, Francisco José de. *Cartas de Caldas ilustradas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 2016. pp.15-25.
- TASCÓN, Tulio Enrique. *Nueva biografía sobre el general José María Cabal*. Editorial Minerva. Bogotá. 1930.
- TATON, René. *Historia General de las Ciencias*. 5 Volúmenes. Ediciones Destino. Barcelona. 1972.
- VALENCIA, Carlos. LOAIZA, Yasaldez. "Plan de estudios generales de Moreno y Escandón.". En: *Revista Historia de la educación colombiana*. Volumen 5. Fascículo 1. 2002. pp.9-23.
- VALENCIA, Darío. "Caldas y Humboldt discurren sobre la geografía de las plantas.". En: ÁLVAREZ, Yolima. DÍEZ, Carlos. MORENO, Asdrúbal. SUÁREZ, Iván. [Editores académicos]. *Bicentenario Francisco José de Caldas, 1768-1816*. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá. 2019. pp.151-170.
- VALENCIA, Darío [Editor académico]. *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir las Montañas por medio del Termómetro. Francisco José de Caldas 1768-1816*. Universidad de Antioquia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín. 2016.
- VAN DÜLMEN, Richard. *Los inicios de la Europa moderna*. Historia Universal Siglo XXI. Volumen 24. México. 1995.
- VARGAS, Pedro. *Historia del Real Colegio Seminario de San Francisco de Asís de Popayán*. ABC. Bogotá. 1945.
- VASCO, Carlos. OBREGÓN, Diana. OROZCO, Luis. [Coordinadores]. *Historia social de la ciencia en Colombia*. 10 Volúmenes. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá. 1993.
- VERA, Héctor. *A peso el kilo. Historia del sistema métrico decimal en México*. Libros del escarabajo. México. 2007.
- VILLALBA, Enrique. *Consecuencias educativas de la expulsión de los jesuitas de América*. Instituto Antonio de Nebrija de estudios sobre la universidad. Universidad Carlos III de Madrid. Editorial Dykinson. Madrid. 2003.
- VITTA, Juan. *¿Qué pasó el 20 de julio?* Editorial Panamericana. Bogotá. 2011.
- WULF, Andrea. *La invención de la naturaleza. El Nuevo Mundo de Alexander von Humboldt*. Editorial Taurus. Colombia. 2017.
- ZAMUDIO, Graciela. "Las expediciones botánicas a América en el siglo XVIII." En: *Ciencias*. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 29. Enero-marzo, 1993. pp. 47-51.
- ZUPKO, Ronald. *Revolution in Measurement: Western European Weights and Measures Since the Age of Science*. The American Philosophical Society. Philadelphia. 1990.

Libros técnicos.

DIXON, Conrad. *Navegación astronómica básica*. Editorial Paraninfo. Madrid. 1985.

El Sistema Internacional de Unidades. Centro Español de Metrología. 2019. Disponible en:

file:///C:/Downloads/30362_elsistemainternacionaldeunidades_web.pdf

FRANOLIC, Petar. VISEKRUNA, Zoran. *Introducción a la navegación astronómica*. Alianza Editorial. Madrid. 1997.

GARCÍA, Fernando. *Curso básico de Topografía*. Árbol Editorial. México. 1994.

TARBUCK, Edward. LUTGENS, Frederick. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Pearson. Prentice Hall. Madrid. 2005.
